

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2012**

**Bc. BARBORA KUČEROVÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



**N3106 Textilní inženýrství**

**Obor: Textilní a oděvní technologie**

**Zaměření: Design oděvního výrobku**

**KOD/2012/06/16/MS**

**UPLATNĚNÍ ZLATÉHO ŘEZU**  
**V DESIGNU ODĚVNÍHO VÝROBKU**

**APPLICATION OF THE GOLDEN SECTION**  
**IN THE DESIGN OF THE CLOTHING PRODUCT**

**Vedoucí práce:** Ing. Blažena Musilová

**Konzultant diplomové práce:** doc. ak. mal. Svatoslav Krotký

**Rozsah diplomové práce:**

**Počet stran textu - 118**

**Počet obrázků - 77**

**Počet tabulek - 17**

**Počet grafů - 26**

**Počet stran příloh:13**

# Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 9.5. 2012

.....

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych touto cestou poděkovat zejména vedoucí práce paní Ing. Blaženě Musilové, za její pomoc a cenné rady při vypracování této diplomové práce.

Děkuji konzultantovi panu doc. Svatoslavu Krotkému ak. mal. za doporučení literatury a vedení při zhotovení návrhové části DP.

Poděkování patří i všem probandům, za to že mi umožnili zhotovit somatometrický průzkum. Patří i Karlu Mocovi za cenné rady a doporučení a mé rodině za vyjádřenou podporu a pochopení pro nedostatek volného času, který vzniknul při vypracování této práce.

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá uplatněním zlatého řezu v designu a v konstrukčním členění oděvních výrobků. Práce je prakticky rozdělená na 3 části.

První část vysvětluje a popisuje: definici zlatého řezu včetně jeho výskytu, matematické vyjádření a popis jeho matematických vlastností a popisuje systémy, které využívají zlatý řez pro stanovení proporcí lidského těla. Následně jsou zde uvedeny dvojrozměrné geometrické tvary, které v sobě obsahují zlatý řez.

V druhé části je zhotoven somatometrický průzkum s cílem nalezení pravidla zlatého řezu v členění lidské postavy u výškových rozměrů. Na základě výsledků experimentální části je zhotovená diskuse.

Třetí návrhová část obsahuje oděvy vytvořené pro proporční „zlatou“ postavu. Následně je zhotovená konstrukční a estetická úprava pro významně odchýlené postavy vybraných na základě výsledků experimentální části.

## **THE ABSTRAKT**

This work deals with the application of the golden section in the design and layout design clothing. The work is practically divided into 3 parts.

The first part explains and describes: the definition of the golden section, including its occurrence, the mathematical expression and description of its mathematical properties and describes systems that use the golden section to determine the proportions of the human body. Then here are two-dimensional geometric shapes, which does contain gold cut.

In the second part is made investigation survey to find the golden section rule in classification of the human figure height dimensions. Based on experimental results is made part of the discussion.

The third section contains the forms of clothing designed for proportional „gulden“ character. Subsequently, are made aesthetic design and arrangements for significant departure characters selected on the basis of experimental results.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zlatý řez, Proporce lidského těla, Zeisingův systém, Design oděvu

## **KEY WORDS**

Golden section, Proportion of human body, Zeising's systém, Design of clothing product

# Obsah

1	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	9
2	Úvod .....	10
3	Rešeršní část .....	12
3.1	Definice pojmu „Zlatý řez“ a jeho výskyt.....	12
3.1.1	Zlatý řez.....	12
3.1.2	Výskyt zlatého řezu v přírodě .....	13
3.1.3	Ostatní výskyt zlatého řezu .....	15
3.2	Matematické vyjádření zlatého řezu .....	19
3.2.1	Výpočet velikosti zlatého řezu vycházejícího z rozdělení úsečky v krajním a středním poměru .....	19
3.2.2	Matematické vyjádření velikosti zlatého řezu pomocí nekonečných řetězových výrazů .....	22
3.3	Vlastnosti zlatého řezu a hodnoty $\varphi$ .....	24
3.4	Fibonacciho a Lucasovy řady čísel (posloupnosti) .....	25
3.5	Konstrukce rozdělení úsečky v krajním a středním poměru .....	27
3.5.1	První postup konstrukce tvorby zlatého řezu .....	27
3.5.2	Druhý postup konstrukce tvorby zlatého řezu.....	28
3.5.3	Třetí postup konstrukce tvorby zlatého řezu .....	29
3.5.4	Čtvrtý postup konstrukce tvorby zlatého řezu.....	29
3.5.5	Pátý postup konstrukce tvorby zlatého řezu.....	30
3.5.6	Šestý postup konstrukce tvorby zlatého řezu .....	30
3.5.7	Sedmý postup konstrukce tvorby zlatého řezu.....	31
3.5.8	Osmý postup konstrukce tvorby zlatého řezu .....	32
3.5.9	Devátý postup konstrukce tvorby zlatého řezu .....	32
3.5.10	Desátý postup konstrukce tvorby zlatého řezu.....	33
3.6	Zlatý řez ve vztahu k lidskému tělu .....	34

3.6.1	Proporce lidského těla a pentagram.....	34
3.6.2	Ondřejův kříž.....	35
3.6.3	Systém členění lidského těla dle A. Zeisinga.....	36
3.6.4	Modulor.....	37
3.6.5	Systém od Ernsta Neuferta.....	39
3.6.6	Další studie lidského těla s obsahem zlatého řezu .....	40
3.7	Zlatý řez v konstrukci a designu oděvního výrobku .....	42
3.7.1	Zlatý obdélník.....	43
3.7.2	Zlatý trojúhelník.....	46
3.7.3	Zlatá spirála .....	48
3.7.4	Pravidelný pětiúhelník.....	50
3.7.5	Pravidelný desetiúhelník .....	51
4	Experimentální část .....	52
4.1	Návrh a popis experimentu .....	52
4.1.1	Určení metod a parametrů pro sestavení experimentu .....	52
4.1.2	Popis experimentu .....	53
4.1.3	Přístroje a pomůcky využívané při měření.....	57
4.1.4	Základní pravidla měření.....	57
4.1.5	Problematika vzniklá při měření probandů .....	58
4.2	Vyhodnocení experimentu .....	59
4.2.1	Ověření závislosti jednotlivých výšek na výšce postavy .....	59
4.2.2	Ověření pravidla zlatého řezu v členění lidské postavy .....	69
4.3	Diskuse k experimentální části.....	83
5	návrh kolekce včetně stříhového řešení.....	85
5.1	Oděvy pro proporční „ZLATOU“ postavu .....	86
5.1.1	Dámské kalhoty .....	86
5.1.2	Dámská halenka .....	95



5.2	Úprava oděvů pro neproporční postavy .....	102
5.2.1	Analýza estetických pravidel upravující neproporčnost postavy ..	102
5.2.2	Úprava oděvu pro dolní končetiny (kalhot) .....	102
5.2.3	Úprava oděvů pro horní končetiny (halenka).....	111
6	závěr .....	114
7	seznam použité literatury.....	116

# 1 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\varphi$  – označení zlatého poměru

**atd** - a tak dále

**aj** – a jiné

**cm** – centimetr

**mm** – milimetr

$^{\circ}$  - stupeň

$'$  - minuta

$''$  - sekunda

$\approx$  - přibližně

$\ni$  - náleží

$\cap$  - průsečík

$\perp$  - kolmice

$\triangle$  trojúhelník

$\square$  čtverec

$| \quad |$  - velikost úsečky

$\%$  - procenta

**cm** – centimetr

**mm** – milimetr

**C<sub>i</sub>** – celek

**M<sub>i</sub>** – Major

**m<sub>i</sub>** – minor

**ČSN** – česká státní norma

**vp** – výška postavy

**oh** – obvod hrudníku

**op** – obvod pasu

**os** – obvod sedu

**dšk** – dolní šíře kalhot

**ško** – šíře kalhot v koleni

**PD** – přední díl

**ZD** – zadní díl

$\bar{x}$  – aritmetický průměr

**s** – směrodatná odchylka

**v** – variační koeficient

**IS** – interval spolehlivosti

**R<sub>max</sub>** – maximální hodnota v souboru

**R<sub>min</sub>** - minimální hodnota v souboru

## 2 ÚVOD

*„Geometrie má dva velké poklady; jedním je věta Pythagorova; druhým rozdělení úsečky v krajním a středním poměru. První lze přirovnat k žíle zlata; druhý lze označit za drahokam.“*

*(Johannes Kepler, 1571-1630)*

Zlatý řez neboli božská úměra je pojem, který stále vytváří velké spory a spekulace odborníků. I při čtení literatury o zlatém řezu, je zřejmé, který autor byl zlatým řezem uchvácen. Zajímavé je, že tento pojem vlastně vznikl na základě matematické úlohy alexandrijského matematika Eukleida, která řeší rozdělení úsečky v krajním a středním poměru sloužící k vytvoření pětiúhelníku a pentagramu. Tento matematik jistě nevěděl, že výsledek této úlohy se bude objevovat v přírodě, v chemii, ve vesmíru, aj.

Je velmi zajímavé, že i další koncepty, které v sobě ukrývají zlaté číslo (Fibonacciho posloupnost, Penroseovo dláždění) vznikly nejprve nezávisle na tomto poměru. Jejich spojitost s  $\phi$  a objevení v přírodě bylo v pozdější době. Už jen tento fakt bortí všednosti – u většiny vědních oborů jsou přeci nejprve nalezená nějaká fakta, jevy, na jejichž základě se odvozují pravidla.

O zlatém řezu se říká, že tím jak je všude kolem nás (i v nás samotných), je člověkem vnímán jako určité pravidlo dokonalé proporcionality. Jako proporce se vyskytuje u rostlin i u některých živočichů. Pravidlo zlatého řezu je využito i u některých kánonů a systémů, zabývajících se proporčností lidské postavy. Nejdůležitější systém využívaný i v oděvnictví pro ověření proporčních vztahů je systém Zeisingův.

Jedním z hlavních úkolů této práce je zhotovení oděvních výrobků, které mají v detailech návrhu i v konstrukčním řešení využito pravidlo zlatého řezu. Pro vytvoření proporčních vztahů v konstrukcích a v designu oděvního výrobku je důležité ověřit, jestli lidská postava je opravdu členěna pomocí božské proporce. Proto v této práci je

zpracován somatometrický výzkum, který je zaměřen na výškové rozměry a jehož sestavení vychází z poznatků členění lidské postavy systémem podle Zeisinga.

V závěru práce je zhotovená kolekce pro proporční zlatou postavu, která je upravená na nejvíce odchýlené probandy, kteří byli vybráni na základě výsledků statistické analýzy. Tato úprava využívá estetických poznatků, které opticky zakrývají neproporčnost délkových rozměrů.

### 3 REŠERŠNÍ ČÁST

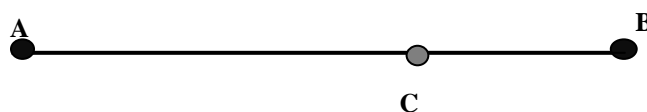
Tato část se snaží přiblížit pojem zlatého řezu včetně jeho výskytu. Řeší jeho matematické vlastnosti a způsoby konstrukce. Zaměřuje se na vývoj teorií vyjadřující spojitost zlatého řezu s proporcemi lidského těla a popisu „zlatých“ geometrických tvarů, které lze uplatnit při konstrukci a designové úpravě oděvních výrobků.

#### 3.1 Definice pojmu „Zlatý řez“ a jeho výskyt

Zlatý řez je název pro číslo, které v dějinách matematiky vyvolalo veliký rozruch, bylo obdivováno a uctíváno. V současné době však není tolik známé a to i přesto, že je obsažen v mnoha věcech kolem nás a zřejmě i v nás samotných. Tato kapitola se snaží tento pojem přiblížit.

##### 3.1.1 Zlatý řez

Prvním matematikem, který vytvořil jednoznačnou definici proporce, která získala později název zlatý řez, byl alexandrijský matematik Eukleides. Kolem roku 300 př.n.l. rozdělil úsečku čistě z geometrických důvodů (původním cílem bylo využití tohoto poměru pro sestavení pětiúhelníku a některých platónských těles) v tzv. „krajním a středním poměru“. Toto rozdělení vyjadřuje rozdělení úsečky tak, že podíl délky celé úsečky AB s délkou delšího dílu AC je rovný podílu délky delšího dílu AC s kratším CB (Livio, 2006). Znázornění rozdělení úsečky v krajním a středním poměru je vidět na obrázku 1.



Obrázek 1: Rozdělení úsečky zlatým řezem

Z Euklidesova textu vyplývá využití rozdělení úsečky pomocí obsahů pravoúhlých čtyřúhelníků. V případě, že nad úsečkou AC se sestojí čtverec, jehož obsah se rovná obsahu obdélníku nad úsečkou AB o výšce rovné velikosti úsečky  $|CB|$ . Platí tedy vztah:  $AC \cdot AC = AB \cdot BC$  (Herz-Fischler, 1998). Přesnou hodnotou zlatého řezu je iracionální číslo nekonečného a neperiodického desetinného rozvoje, jehož hodnota je přibližně 1,6180339887. Toto číslo dostalo označení řeckého písmene  $\phi$  (fi).

Taktéž je nazýváno jako zlatý poměr, zlaté číslo nebo božská proporce a fascinuje lidskou populaci již více jak 2000 let (Livio, 2006).

### 3.1.2 Výskyt zlatého řezu v přírodě

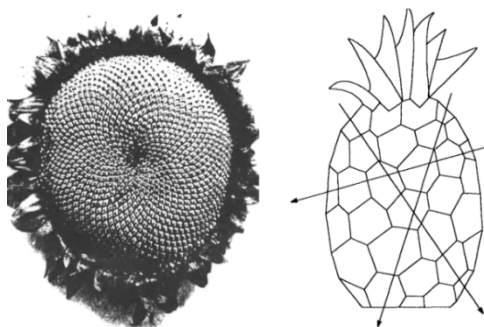
Číslo  $\phi$  nás obklopuje zejména v přírodě. Listy na stonku rostlin či větvičky na větvích stromů vždy rostou tak, aby se sluneční energie a vláhá dostala na všechny jednotlivé listy či větvičky, což umožňuje snáze průběh fotosyntézy a efektivnější dopravu vody ke kořenům rostliny. Vše je zajištěné tím, že jednotlivé listy (větvíčky) jsou na stonku (větví) rozmístěné po pomyslné stoupající šroubovici, jak je vidět na obrázku 2. Vždy po určitém dílku otočky kolem stonku (větve) např. u lípy se listy opakují po  $\frac{1}{2}$  otočky, u lísky a ostružin je to po  $\frac{1}{3}$ , u jabloně a meruňky po  $\frac{2}{5}$  otočky, u hrušně po  $\frac{3}{8}$  otočky po šroubovici. Vzhledem k tomu, že starší listy (větvíčky) jsou umístěné na silnějším stonku (větví) je podmínka rovnoměrného dopadu sluneční energie a vláhhy zajištěná. Tomuto rozmístění se říká fylotaxe (z řeckých slov *fylo*-list, *taxis*-uspořádání) a jednotlivé zlomky otoček po šroubovici jsou vytvořeny z čísel Fibonacciho posloupnosti -  $\frac{1}{2}$ ;  $\frac{2}{5}$ ;  $\frac{3}{8}$  tak, že v čitateli je vždy číslo z řady této posloupnosti (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21,...) o 2 místa blíž než ve jmenovateli (Livio, 2006). Fibonacciho posloupnost je vysvětlena v kapitole 3.4.



**Obrázek 2:**  
Rozmístění  
větvíček na  
větví po  
pomyslné  
šroubovici  
(Livio, 2006)

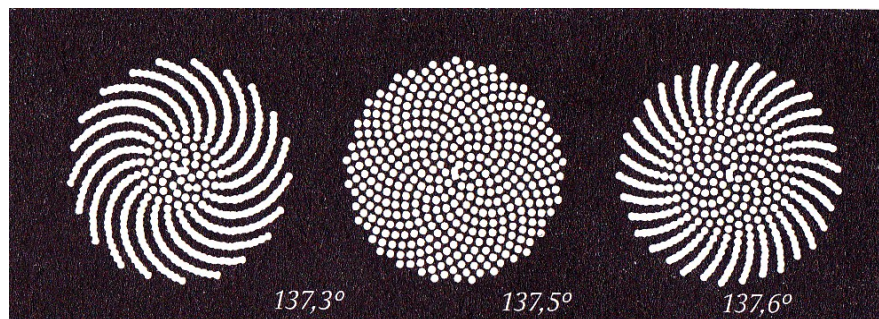
Zlatý řez nebo alespoň poměry Fibonacciho čísel se dále nacházejí ve struktuře různých druhů živočichů a rostlin, vytvářející spirály. Nejznámějšími zástupci rostlin s výskytem tohoto jevu jsou borové šišky, ananasy a slunečnice. U ananasů a borových šišek jsou jednotlivé dílky povrchu součástí různých spirál s různým úhlem a směrem (po směru a proti směru hodinových ručiček). Počet těchto spirál na povrchu v jednotlivých směrech (u ananasu to bývá 5, 8, 13 a 21) jsou Fibanocciho čísla. U slunečnic se spirály vyskytují v uspořádání semínek, jdoucích ve směru i proti směru hodinových ručiček. Množství spirál souvisí s velikostí slunečnice, ale poměr jejich počtu je opětovně zlomek skládající se ze dvou čísel členů Fibanocciho posloupnosti

jdoucích za sebou (např. 55/34, 89/55, 144, 89) (Livio, 2006; A. Dunlap, 1997). Spirály na slunečnici a kůře ananasu jsou vidět na obrázku 3.



Obrázek 3: Spirály vytvářející se semínky slunečnic a dílky na povrchu ananasu (A. Dunlap, 1997)

Jak uvádí literatura (Olsen, 2009), tzv. „genetická“ spirála např. u slunečnic je spojená s divergenčním úhlem. Na výskyt tohoto úhlu upozornil v roce 1830 K. F. Schimper. Jeho velikost může být různá, avšak pouze jedna velikost tzv. „ideálního divergenčního úhlu“, která je  $137^{\circ}30'28'' = 137,5^{\circ} = \varphi 2/360$ , vytváří dokonalé rozmístění spirál fylotaxe s výskytem Fibonacciho čísel (odtud se tomuto úhlu někdy říká Fibonacciho úhel). Jeho velikost objevili bratři Bravaisové. Vliv divergenčního úhlu na rozmístění spirál je vidět na obrázku 4.



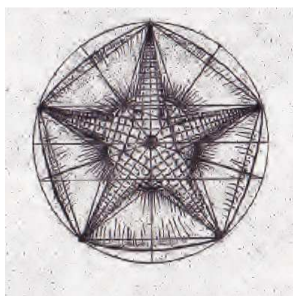
Obrázek 4: Vliv divergenčního úhlu na rozmístění spirál semínek slunečnic (Olsen, 2009)

Zlatý řez se dále v podobě spirály vyskytuje u tzv. gnómičského růstu. Výsledkem je zlatá logaritmická spirála, která je se zlatým řezem spojena jejím způsobem zhotovení viz kapitola 3.7.3. Spirálu s gnómičským růstem vytvářejí např. ulity měkkýšů a beraní rohy. Např. ulita loděnky (*Nautilus Pompilius*) se skládá z několika komor. Tyto komory se postupně zvětšují rovnoměrně do výšky i šířky v závislosti s růstem živočicha, a tudíž se stále zachovávají stejné proporce. Zlatá logaritmická spirála se vykresluje také u vodních vírů, hurikánů či v obřích spirálách v galaxii (Livio, 2006; Dunlap 1997).

Dalším výskytem logaritmické spirály (Livio, 2006) je v soustavách hvězd seskupených ve stejné rovině např. soustava Mléčné dráhy. Křivku této spirály opisují i

za letu sokoli při útoku na kořist. Tato dráha jim totiž vzhledem k umístění očí po stranách hlavy umožňuje neustále sledovat kořist a to při maximální možné rychlosti.

V přírodě se vyskytují i jiné tvary, o kterých se tvrdí, že obsahují božskou proporci. Například pravidelné pětiúhelníky u mořské hvězdice (Olsen, 2009), která je znázorněná na obrázku 5.



Obrázek 5: Mořská hvězdice (Olsen, 2009)

Číslo  $\phi$  se vyskytuje i v DNA. V literatuře (Atalay, 2004) se uvádí, že na základě výzkumu objevil izraelský biofyzik Harel společně se svým týmem, že poměr délky a šířky v sestaveném grafu (který vzniká po promítnutí trojrozměrné struktury dvojité šroubovice, skládající se z cukru a fosfátu, do dvojrozměrné) každé sinusoidy DNA se rovná velikosti zlatého řezu.

### 3.1.3 Ostatní výskyt zlatého řezu

V lidském okolí, které si člověk vytvořil sám (v tzv. technosféře), se zlatý řez vyskytuje v mnoha stavebách, v hudbě, ve výtvarných dílech, v plastické chirurgii, ve vzorcích akciových trhů. Říká se, že člověk tím, jak se se zlatým poměrem často stýká v přírodě, tak jej má v sobě zakódovaný a nevědomky věci, které ho v sobě obsahují, považuje za krásné.

Literatura (Chmelíková, 2009) porovnává dva experimentální pokusy od dvou různých badatelů (Gustav Theodor Fechner a Charles Lalo), ve kterých se zkoumala oblíbenost tohoto poměru. Předmětem bylo hodnocení pravoúhlých čtyřúhelníků skupinou lidí, z nichž jeden byl ve zlatém poměru. Tento obdélník vyšel v obou experimentech jako velmi oblíbený. Na základě těchto experimentů Chmelíková provedla obdobný pokus pomocí dotazníků, které vyplnilo celkem 137 lidí. Tento pokus vyšel pro podvědomé vnímání zlatého řezu negativně.



Mnoho dalších badatelů, jak je uvedeno v literatuře (Livio, 2006), provedlo ve 20. století řadu obdobných pokusů, které měli ověřit oblíbenost zlatého řezu vycházející z podvědomí. Tyto pokusy dopadly různorodě, převážně negativně. Avšak podle britského psychologa Chrise McManuse byly předchozí pokusy z metodologického hlediska velmi pochybné. Cílem jeho práce byl výzkum, který využíval párového srovnávání obdélníků. Tento pokus vyšel pro estetické vnímání zlatého řezu pozitivně.

Číslo  $\phi$  se využívá i při plastických operacích obličeje. Jak uvádí literatura [1], Stephen Marquardt, vysloužilý kosmetický chirurg v Huntington Beach v Kalifornii, vytvořil studii poměrů jednotlivých částí na obličeji za pomoci studie zlatého řezu. Vznikla tak ideální maska, která slouží jako měřítko usnadňující rozhodování při úpravě nosu a rtů. Tuto masku si tento chirurg v roce 1999 nechal patentovat. Myšlenka o ideálním rozmístění jednotlivých částí na obličeji se vyskytla již dříve.

I v hudbě se ve struktuře rytmu a harmonie nachází zlatý řez. Nejjednodušší hudební intervaly jako oktáva (2:1) a kvinta (3:2), následně velká malá sexta (5:3 a 8:5), obsahují čísla Fibonacciho posloupnosti. I celá stupnice (13:8 – obsahuje 8 tónů z celkového počtu 13 chromatických tónů) a jednoduché durové a molové akordy (sestavené z 1., 3., 5. a z 8. tónu stupnice) v sobě obsahují čísla této posloupnosti (Olsen, 2009).

Literatura [2] uvádí studii Putze, který analyzoval Mozartovy klavírní sonáty. V první pokusu vyšlo, že členění hudby zkoumaných sonát vychází v poměru zlatého řezu. V druhém měření se tyto poměry od zlatého řezu odchylovaly. Přesto literatura (Olsen, 2009), zmiňující studii z roku 1905 ruského muzikologa Sabanějeva, říká, že Mozartovy kompozice v sobě obsahují zlatý řez a to u 91 % skladeb. Tento poměr byl dle této studie nalezen i u jiných skladatelů a to např. u Beethovena (v 91 % skladeb), Haydna (v 97%), Aranského (v 95 %) a Skrjabinu (90 %).

Zlatý řez je člověkem využíván i v architektuře. V současné době se spekuluje o tom, že v architektuře byl zlatý řez využíván již ve starověku. Nejznámějším objektem této spekulace je Cheopsova pyramida (známá též jako Velká pyramida). Mario Livio ve své knize (Livio, 2006) uvádí rozbor několika studií o Velké pyramidě. Je sice faktem, že při analýze rozměrů této pyramidy byl nalezen zlatý poměr, avšak neexistuje žádný přímý důkaz, že by Egypťané v těchto dobách tento poměr znali. Pro Velkou

pyramidu podle Hérodotose platí: obsah každé stěny pyramidy se rovná obsahu čtverce, jehož strana má délku odpovídající výšce pyramidy. Po jednoduchých úpravách a dosažení rozměrů Cheopsovy pyramidy poměrně přesně vychází hodnota zlatého řezu (odchylka menší než 0,1%). Ovšem záměrné využití zlatého řezu při stavbě této pyramidy je spekulativní.

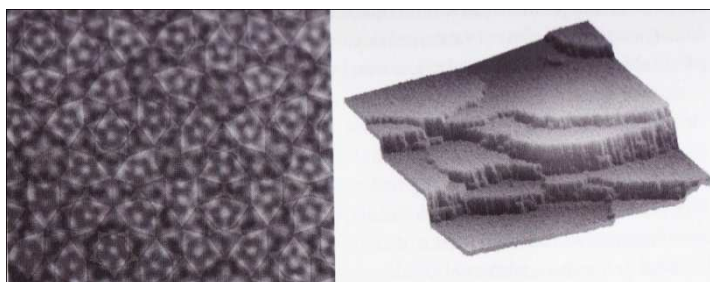
Dalším objektem spekulace využití čísla  $\phi$  v architektonických stavbách v antických dobách je Parthenon v Akropoli. O něm spousta prací tvrdí, že jeho rozměry odpovídají přesně zlatému obdélníku. Veliký zastánce Zeising ve své knize z roku 1854 uvádí, že výška fasády od vrcholu tympanonu ke spodku podstavce sloupů je v místě horního ukončení sloupů rozdělena ve zlatém poměru. Rozměry Parthenonu jsou v různých studiích rozdílné, přesto v poslední době převažují studie, kdy naměřené hodnoty zlatý poměr nepotvrzují (Livio, 2006).

V současné době je známo několik novostaveb, které byly záměrně postavené s využitím zlatého řezu. Ať už se jedná o stavby vytvořené dle návrhu architekta Le Corbusiera (např. urbanistické budovy v Chandigarh), který na základě zlatého řezu vytvořil systém Modulor. O tomto architektonickém pravidlu Einstein napsal: „Je to škála proporcí, díky níž je těžké udělat něco špatně, ale naopak je snadné udělat to dobře.“ Za další výskyt zlatého řezu v architektuře lze považovat využití pravidelných pětiúhelníků. Nejznámější stavbou, která se velmi často udává v této spojitosti se zlatým řezem, je bezpochyby „La Géode“ v Paříži (Livio, 2006; Chmelíková, 2009).

Aplikované teorie zlatého řezu a Fibonacciho posloupnosti se využívají i u obchodních strategií. Vše se zakládá na principu fraktálů využívající Fibonacciho posloupnost, vycházející z vzestupů a poklesů akciových trhů. Známou teorii zabývající se touto technikou vytvořil Benoit Mandelbrot, který v roce 1997 vydal knihu „Fraktály a používání měřítek ve financích: diskontinuita, koncentrace, riziko“. Jeho model je však pouze orientační a vytváří pouze odhad pravděpodobnosti možného výsledku (Livio, 2006).

Zlatý poměr byl dále objeven i v chemii. Zajímavým příkladem jsou kvazikrystaly (krystaly, jejichž struktura není amorfní, jak je to například u skla, ani periodická, jako je to u kuchyňské soli). V literatuře (Livio, 2006) se uvádí, že tyto krystaly (hliníkových slitin) mají velkoplošné uspořádání a pětinasobnou symetrii

vykazující vlastnosti Penroseových dláždění<sup>1</sup>. Toto dláždění je vytvářeno pomocí desetiúhelníkových obrazců, které se navzájem překrývají v určitých místech. V případě, že strana desetiúhelníka bude jednotková, pak poloměr kružnice opsané okolo dlaždice ve tvaru desetiúhelníka je rovna  $\varphi$ . Fyzikové Paul Steinhardt z Princetonské univerzity a Čong Hjong-čchai z univerzity Sečong v Soulu zjistili, že místa, kde se překrývají obrazce, se vytvářejí kvazielementární buňky, tedy shluky atomů. V těchto místech dochází ke sdílení jednotlivých atomů se svými sousedy ve strukturním vzorci, čímž vzniká maximální hustota shluku a tudíž stabilnější systém s nižší energií. Pro ověření této teorie ostřelovali kvazikrystaly slitiny hliníku, niklu a kobaltu rentgenovými paprsky a svazky elektronů. Výsledný obraz tuto teorii potvrzuje a je vidět na obrázku 6 vlevo. Pomocí rastrovací tunelové mikroskopie byly získány detailní snímky povrchů kvazikrystalických slitin hliníku, mědi a železa a slitiny hliníku, palladia a manganu. Ve vyšlých snímcích (obrázek 6 vpravo) jsou vidět kaskádovité terasy, které jsou prakticky o dvou výškách, vyšší a nižší (v řádu stomiliontin cm), které jsou vůči sobě ve zlatém poměru.



**Obrázek 6:** Snímek znázorňující překrývání desetiúhelníkových obrazců vzniklý při ostřelování kvazikrystalu a snímek kaskádovité struktury na slitině získaný rastrovací tunelovou mikroskopií

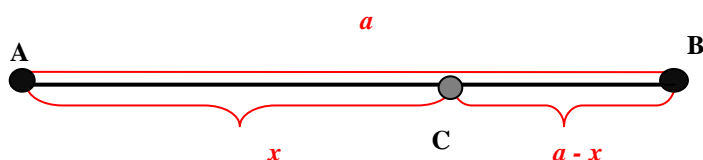
<sup>1</sup> Penroseovo dláždění se skládá z páru dlaždic nazývaných šipka a drak, které jsou složené z rovnoramenných trojúhelníků (zlatého trojúhelníku a zlatého gnómonu, jejichž spojitost se zlatým řezem je vysvětlena v kapitole 3.7.2). Obě dlaždice lze získat pomocí rozdělením delší úhlopříčky. kosočtverce s úhly 72 a 108 stupňů ve zlatém poměru. Překvapivé je, že každé Penroseovo šipko-dračího dláždění má počet draků zhruba 1,618krát větší než počet šipek. Druhý způsob Penroseového dláždění je složen z páru kosočtverců – jednoho tlustého s úhly 72 a 108 ° a jednoho tenkého s úhly 36 a 144°. I tyto kosočtverce se skládají ze 2 zlatých trojúhelníků nebo 2 zlatých gnómonů. Na větších plochách je pak počet tlustých kosočtverců opět přibližně 1,618krát větší než kosočtverců tenkých.

## 3.2 Matematické vyjádření zlatého řezu

V této kapitole je zlatý řez vyjádřen pomocí matematického výpočtu, který se odvodí z rozdělení úsečky v krajním a středním poměru. Dále pomocí nekonečných řetězových výrazů, které nejsou tak přesné vzhledem k iracionalitě čísla  $\varphi$  a nekonečnosti výrazu.

### 3.2.1 Výpočet velikosti zlatého řezu vycházejícího z rozdělení úsečky v krajním a středním poměru

Jak uvádí literatury (Livio, 2006; Chmelíková, 2009; Walser, 2001; Herz-Fischler, 1998) pokud rozdělíme úsečku AB pomocí zlatého řezu, délku úsečky AB nazveme  $a$ , délku delšího dílu  $x$ , pak délka kratšího dílu vyjde jako  $a-x$ , jak je znázorněno na obrázku 7.



Obrázek 7: Znázornění rozdělení úsečky zlatým řezem včetně popisu jednotlivých částí

Při matematickém vyjádření rozdělení úsečky pomocí krajního a středního poměru vyjde rovnice:

$$\frac{a}{x} = \frac{x}{a-x} \quad (2.1)$$

Délku úsečky  $a$  zvolíme za jednotkovou tedy  $a = 1$ . Po dosažení do rovnice 2.1 vyjde:

$$\frac{1}{x} = \frac{x}{1-x} \quad (2.2)$$

Po vynásobení obou stran rovnice  $x$  a pomocí ekvivalentních úprav na obou stranách rovnice vznikne kvadratická rovnice:

$$x^2 + x - 1 = 0 \quad (2.3)$$

Při dosazení  $a=1$ ,  $b=1$  a  $c=-1$  do rovnice pro výpočet kvadratických kořenů vyjde:

$$x_1 = \frac{-1 + \sqrt{1^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-1)}}{2} = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} \quad (2.4)$$

$$x_2 = \frac{-1 - \sqrt{1^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-1)}}{2} = \frac{-1 - \sqrt{5}}{2} \quad (2.5)$$

Vzhledem k tomu, že hledáme délku úsečky, nelze použít druhý kořen  $x_2$ , který je záporný. První kořen  $x_1$  je iracionálním číslem, jehož hodnota je přibližně 0,61803 a vyjadřuje délku  $x$ . Pro vyjádření velikosti zlatého poměru vycházejícího z rovnice 2.1 je nutné dosadit  $x_1$  do rovnice  $\varphi = \frac{a}{x}$ . Velikost  $a$  jsme si zvolili za jednotkovou  $a=1$ , tudíž po dosazení vyjde:

$$\varphi = \frac{1}{\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}} = \frac{2}{-1 + \sqrt{5}} \cdot \frac{1 + \sqrt{5}}{1 + \sqrt{5}} = \frac{2(1 + \sqrt{5})}{-1 + \sqrt{5} + \sqrt{5} + 5} = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \quad (2.6)$$

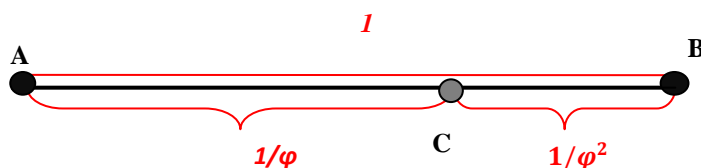
což je přibližně 1,61803.

Hodnota druhého kořene rovnice zlatého řezu  $x_2$  je -1,61803. Hodnota poměru lze vypočítat obdobným způsobem jako v předchozím případě z rovnice  $\tilde{\varphi} = \frac{a}{x}$ , kdy  $a = 1$ , za  $x$  dosadíme druhý kvadratický kořen a vyjde:

$$\tilde{\varphi} = \frac{1}{\frac{-1 - \sqrt{5}}{2}} = \frac{2}{-1 - \sqrt{5}} \cdot \frac{1 - \sqrt{5}}{1 - \sqrt{5}} = \frac{2(1 - \sqrt{5})}{-1 + \sqrt{5} - \sqrt{5} + 5} = \frac{1 - \sqrt{5}}{2} \quad (2.7)$$

Tuto hodnotu nazveme jako  $\tilde{\varphi}$ , její hodnota je přibližně -0,61803. Absolutní hodnota  $\tilde{\varphi}$  je rovná převrácené hodnotě  $\varphi$ .

Při zvolení délky úsečky  $a$  za jednotkovou jsou velikosti jednotlivých částí úsečky ve vztahu k  $\varphi$  tak, jak je vidět na obrázku 8.



Obrázek 8: Znázornění vypočtených velikostí jednotlivých částí na úsečce, kdy velikost celé úsečky byla zvolena za jednotkovou

Výpočet zlatého řezu a jeho převrácené hodnoty lze uskutečnit i jednodušším způsobem, kdy délku  $x$  zvolíme za jednotkovou, tedy  $x=1$  a dosadíme do rovnice 2.1. Po ekvivalentní úpravě obou stran získáme kvadratickou rovnici:

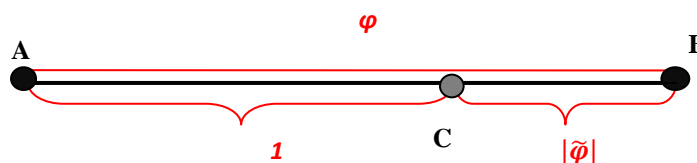
$$a^2 - a - 1 = 0 \quad (2.8)$$

Výpočet kořenů  $a_1$  a  $a_2$  nám rovnou vyjádří velikosti  $\varphi$  a  $\tilde{\varphi}$  stejné jako u předchozí metody, tedy:

$$\varphi = a_1 = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \quad (2.9)$$

$$\tilde{\varphi} = a_2 = \frac{1-\sqrt{5}}{2} \quad (2.10)$$

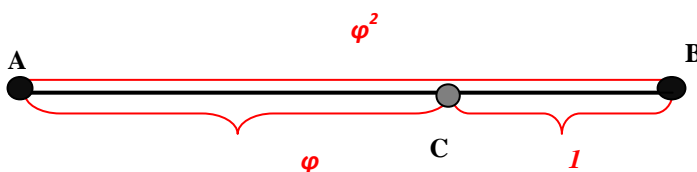
V případě, kdy  $x$  má jednotkovou délku, jsou jednotlivé části úsečky ve vztahu k  $\varphi$  takové, jak je znázorněno na obrázku 9.



Obrázek 9: Znázornění vypočtených velikostí jednotlivých částí na úsečce, kdy velikost delší části úsečky byla zvolena za jednotkovou

Zlatý řez lze vypočítat i třetím způsobem, kdy jednotkovou délkou vyjádříme kratší úsek rozdělené úsečky z obrázku 5, tedy  $a - x = 1$ . Z tohoto vztahu si vyjádříme hodnotu  $a$ , vznikne nám  $a = x + 1$ . Tento vztah dosadíme do rovnice 2.1 a vyřešíme. Vyjde nám opět rovnice  $x^2 - x - 1 = 0$ . Výpočet kořenů i jejich výsledek je stejný jako u předchozího výpočtu.

V takovémhle případě, kdy menší část rozdělené úsečky ve zlatém řezu je jednotková nám je znázornění jednotlivých částí ve vztahu k  $\varphi$  tak, jak je vidět na obrázku 10.



Obrázek 10: Znázornění vypočtených velikostí jednotlivých částí na úsečce, kdy velikost kratší část úsečky byla zvolena za jednotkovou

Z předchozích vztahů vyplývá, že rovnice  $x^2 + x - 1 = 0$  a  $x^2 - x - 1 = 0$  jsou pro zlatý řez klíčové a definují ho.

### 3.2.2 Matematické vyjádření velikosti zlatého řezu pomocí nekonečných řetězových výrazů

V literaturách (Livio, 2006; A. Dunlap, 1997) se uvádí, že vzhledem k tomu, že číslo  $\phi$  je iracionální, lze ho poměrně přesně vyjádřit i pomocí řetězového nekončícího výrazu, který je ve tvaru:

$$\phi = \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \dots}}}}} \quad (2.11)$$

Hodnotu, kterou hledáme, označíme jako  $x$ :

$$x = \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \dots}}}}} \quad (2.12)$$

Následně upravíme obě strany rovnice vynásobením  $x$ , čímž získáme:

$$x^2 = 1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \dots}}}} \quad (2.13)$$

Vnikla nám rovnice, kde druhý výraz opět pokračuje do nekonečna a je shodný s původním  $x$  a tudíž po dosažení získáváme rovnici  $x^2 = 1 + x$ , což je rovnice definující zlatý řez.

Zlatý řez se dá vyjádřit i pomocí nekonečného řetězového zlomku, který je po označení hledající neznámé jako  $x$ , ve tvaru:

$$x = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}}} \quad (2.14)$$

Jako v předchozím případě je opět jmenovatel zlomku nekonečný a totožný s původním  $x$ . Po dosazení nám vznikne rovnice:

$$x = 1 + \frac{1}{x} \quad (2.15)$$

Po vynásobení obou stran rovnice získáme  $x^2 = x + 1$ , což je opětovně rovnice, která nám definuje zlatý řez.

Zvláštností je, že pokud řetězový zlomek budeme počítat po jednotlivých zlomcích, vyjdou nám poměry čísel Fibonacciho posloupnosti (postupná aproximace se shoduje s poměry Fibonacciho čísel, kdy v čitateli je číslo z posloupnosti o jedno místo větší než ve jmenovateli) a to následovně:

$$1 = 1,000 \quad (2.16)$$

$$1 + \frac{1}{1} = \frac{2}{1} = 2,000 \quad (2.17)$$

$$1 + \frac{1}{1+1} = \frac{3}{2} = 1,500 \quad (2.18)$$

$$1 + \frac{1}{1+\frac{1}{1+1}} = \frac{5}{3} = 1,666 \quad (2.19)$$

$$1 + \frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+1}}} = \frac{8}{5} = 1,6000 \quad (2.20)$$

$$1 + \frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+1}}}} = \frac{13}{8} = 1,6250 \quad (2.21)$$

$$1 + \frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+1}}}}} = \frac{21}{13} = 1,6154 \quad (2.22)$$

Jak je vidět, čím rozvětvenější zlomek počítáme, tím se nám výsledek více blíží k hodnotě zlatého řezu (Livio, 2006).



### 3.3 Vlastnosti zlatého řezu a hodnoty $\tilde{\varphi}$

Zlaté číslo  $\varphi$  a jeho převrácená hodnota  $\tilde{\varphi}$  mají několik zajímavých vlastností. Literatury (Livio, 2006; Chmelíková, 2009; Walser, 2001; Ghyka ,1977) uvádějí tyto vlastnosti:

$$\text{a) } \varphi + \tilde{\varphi} = 1 \quad (2.23)$$

$$\text{b) } \varphi - \tilde{\varphi} = \sqrt{5} \quad (2.24)$$

$$\text{c) } \varphi \cdot \tilde{\varphi} = -1 \quad (2.25)$$

$$\text{d) } \varphi^{-1} = \varphi - 1 \quad (2.26)$$

$$\text{e) } \varphi^2 = \varphi + 1 \quad (2.27)$$

$$\text{f) } \tilde{\varphi}^2 = \tilde{\varphi} + 1 \quad (2.28)$$

$$\text{g) } \varphi^3 = \frac{\varphi+1}{\varphi-1} \quad (2.29)$$

$$\text{h) } \varphi = \frac{\varphi^3+1}{\varphi^3-1} \quad (2.30)$$

Tyto vztahy lze ověřit dosazením, kdy jak již bylo výše vypočteno, platí  $\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$  a  $\tilde{\varphi} = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$ . Ověření jednotlivých vlastností je uvedeno v příloze 1.

### 3.4 Fibonacciho a Lucasovy řady čísel (posloupnosti)

Tuto řadu dle literatury (Atalay, 2004) objevil matematik Leonardo Pisano, známý též jako Leonardo Fibonacci di Pisa. Ve své knize Liber Abaci z roku 1202, představil matematickou úlohu týkající se rozmnožování králíků v oboře. Tím vytvořil číselnou řadu obsahující zlatý poměr. Úloha zněla: jeden pár mlád'at králíků se umístí do ohrady. Králíci se mohou rozmnožovat až po 2 měsících, kdy dosáhnou pohlavní dospělosti a při rozmnožování každý měsíc vytvoří nový pár. Pro nová mlád'ata opět platí, že 2 měsíce pohlavně dospívají. Ohrada je pevná – nepřichází do ní nový králíci a ani žádný neutíká. Tato úloha je silně utopická, neb žádný z králíků nezahyne. Vzniká tak nekonečná řada čísel, jejichž prvních 13 členů, odpovídajících 1 roku chovu králíků v ohradě, jsou uvedené v tabulce 1:

Tabulka 1: Čísla Fibonacciho posloupnosti

měsíc	Začátek pokusu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
posloupnost	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233

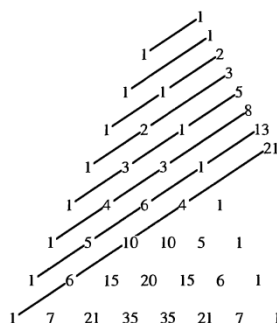
Fibonacciho posloupnost čísel je významně svázaná se zlatým řezem. Jak říká literatura (Olsen, 2009), tato posloupnost se skládá z čísel, které mají aditivní charakter (každé číslo z řady je součtem předchozích dvou) ale také multiplikativní charakter (po vynásobení zlatým řezem se limitně blíží následujícímu číslu v řadě). Taktéž platí, že pokud nějaké číslo z řady vydělíme číslem předchozím, výsledek aproximuje k  $\varphi$ , při čemž je dáno, že zlatý poměr je přesnější, čím vzdálenější číslo v řadě (větší číslo) vydělíme. Platí tedy vztahy:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, \text{přičemž } n \geq 3, F_1 = 1, F_2 = 1 \quad (2.31)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_n}{F_{n-1}} = \varphi \quad (2.32)$$

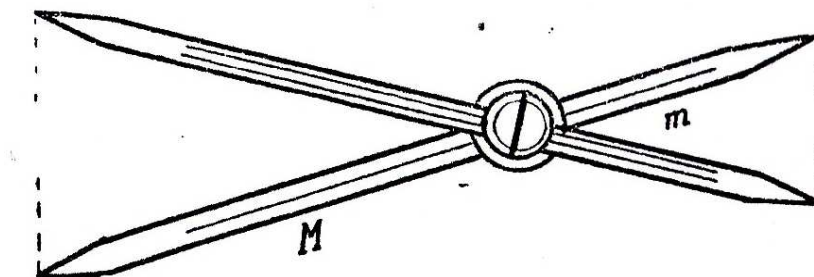
Tato posloupnost, jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1, se významně vyskytuje v přírodě a to nejen v povrchové struktuře rostlin a živočichů, ale také, jak se uvádí v literatuře (Olsen, 2009), je obsažena v rodokmenech včel, vzorcích pohybů akciových trhů, v samoorganizaci nukleotidů DNA, rozvrstvení mraků v hurikánech, dále v chemii například u sloučenin oxidu uranu  $U_2O$ ,  $U_3O_8$ ,  $U_5O_{13}$  a  $U_{13}O_{34}$ .

Zajímavá je spojitost Fibonacciho posloupnosti s Pascalovým trojúhelníkem. Znárodněná na obrázku 11, která je následující (Walser, c2001):



### 3.5 Konstrukce rozdělení úsečky v krajním a středním poměru

Zlatý řez lze sestavit mnoha způsoby. V dřívějších dobách se k tomu používaly i různé pomůcky. Jedním z nich bylo speciální kružítko (viz. Obrázek 12), které při jakémkoliv rozevření ramen, svíralo po obou stranách zlatý poměr (na jedné straně menší úsek, na druhé straně kružítko větší). Toto kružítko bylo pravděpodobně používáno již ve starověku (Hégr, 1944).



Obrázek 12: Speciální kružítko sloužící ke konstrukci zlatého řezu (Hégr, 1944)

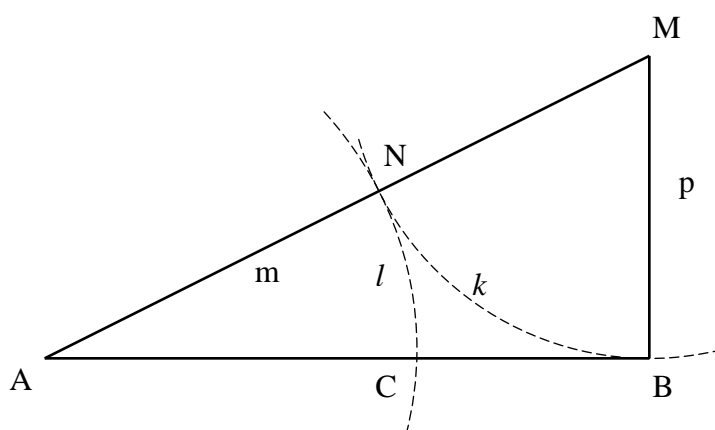
Druhou možností, jak vytvořit rozdělení úsečky v krajním a středním poměru je pomocí různých konstrukcí. Těchto konstrukcí bylo v průběhu doby vytvořeno hodně a to v různých obměnách. V literaturách (Chmelíková, 2009; Walser, 2001; Chyka, 1977; Hégr, 1944) se uvádějí tyto následující způsoby konstruování, jejichž základem je libovolně dlouhá úsečka  $|AB|$ , kterou člení bod  $C$  tak, aby toto rozdělení úsečky bylo ve zlatém řezu a zároveň aby velikost úsečky  $|AC| > |CB|$ .

#### 3.5.1 První postup konstrukce tvorby zlatého řezu

POSTUP:

- 1) Sestrojit úsečku  $|AB|$
- 2) V bodě  $B$  sestrojit polopřímku  $p$ ; kdy  $p \perp AB$ ;  $B \in p$
- 3) Na polopřímce  $p$  zhotovit bod  $M$ : kde  $M \in p$ ;  $|BM| = \frac{1}{2}|AB|$
- 4) Sestrojit přímku  $m$  procházející body  $M$  a  $A$ ; tudíž  $M \in m$ ;  $A \in m$
- 5) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $M$ ; kde platí  $k(M; r = |BM|)$
- 6) Na přímce  $m$  vznikne bod  $N$ , kdy  $N \in (k \cap m)$
- 7) Sestrojit kružnici  $l$ , se středem  $A$ ; kde platí  $l(A; r = |AN|)$
- 8) Na úsečce  $AB$  vznikne bod  $C$ , kdy  $C \in (l \cap AB)$

Konstrukce je zhotovená na obrázku 13.



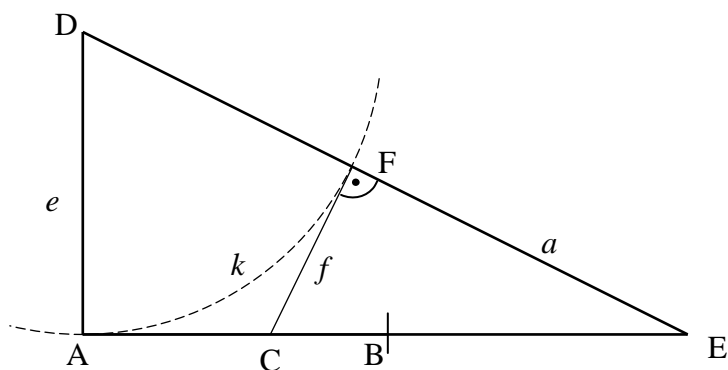
Obrázek 13: První způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

### 3.5.2 Druhý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

POSTUP:

- 1) Sestrojit úsečku  $|AB|$
- 2) Protáhnout úsečku  $AB$ ; nanést bod  $E$ , kde  $E \in AB$ ;  $|AE| = 2 \cdot |AB|$
- 3) V bodě  $A$  sestrojit polopřímku  $e$ ; kdy  $e \perp AE$ ;  $A \in e$
- 4) Na polopřímce  $e$  zhotovit bod  $D$ ; kde  $D \in e$ ;  $|AD| = |AB|$
- 5) Sestrojit přímku  $a$  procházející body  $D$  a  $E$ ; tudíž  $D \in a$ ;  $E \in a$
- 6) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $D$ ; kde platí  $k(D; r = |AD|)$
- 7) Na přímce  $a$  vznikne bod  $F$ , kdy  $F \in (k \cap a)$
- 8) V bodě  $F$  spustit kolmici  $f$ , kdy  $f \perp a$ ;  $F \in f$
- 9) Na úsečce  $AB$  vznikne bod  $C$ , kdy  $C \in (f \cap AB)$

Konstrukce je zhotovená na obrázku 14.

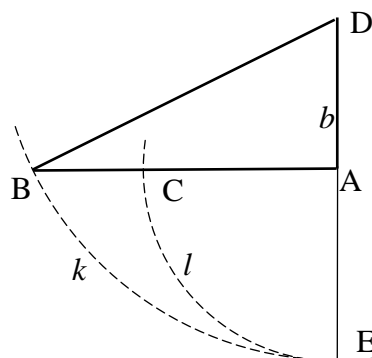


Obrázek 14: Druhý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

### 3.5.3 Třetí postup konstrukce tvorby zlatého řezu

POSTUP:

- 1) Sestrojit úsečku  $|AB|$
- 2) V bodě  $A$  sestrojit polopřímku  $b$ ; kdy  $b \perp AB$ ;  $A \in b$
- 3) Na polopřímce  $b$  zhotovit bod  $D$ : kde  $D \in b$ ;  $|AD| = \frac{1}{2}|AB|$
- 4) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $D$ ; kde platí  $k(D; r = |DB|)$
- 5) Na polopřímce  $b$  vznikne bod  $E$ , kdy  $E \in (k \cap b)$
- 6) Sestrojit kružnici  $l$ , se středem  $A$ ; kde platí  $l(A; r = |AE|)$
- 7) Na úsečce  $AB$  vznikne bod  $C$ , kdy  $C \in (l \cap AB)$

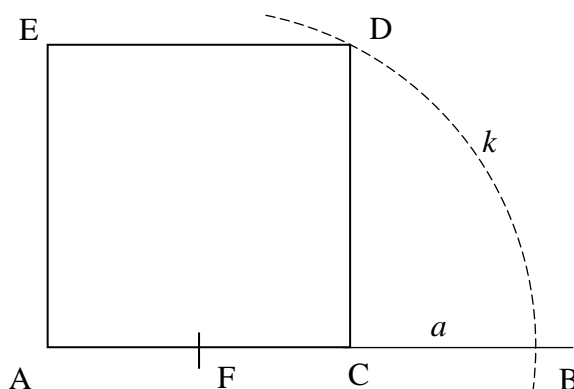


Obrázek 15: Třetí způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

Konstrukce je zhotovená na obrázku 15.

### 3.5.4 Čtvrtý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

Čtvrtý postup konstrukce rozdělení úsečky ve zlatém řezu je zhotoven za pomoci čtverce o libovolné velikosti stran (užití čtverce však není podmínkou. Tento způsob lze sestrojit i ze dvou navzájem kolmých úseček na sebe kolmých).



Obrázek 16: Čtvrtý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

POSTUP:

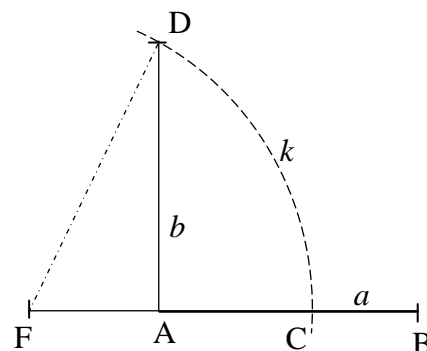
- 1) Sestrojit  $\square ACDE$
- 2) Vytvořit bod  $F$ , který je středem úsečky  $AC$ , tedy  $F \in AC$ ;  $|AF| = \frac{1}{2}|AC|$
- 3) Protáhnout úsečku  $AC$ , vznikne polopřímka  $a$
- 4) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $F$ ; kde platí  $k(F; r = |FD|)$
- 5) Na polopřímce  $a$  vznikne bod  $B$ , kdy  $B \in (k \cap a)$

Konstrukce je zhotovená na obrázku 16.

### 3.5.5 Pátý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

POSTUP:

- 1) Sestrojit úsečku  $|AB|$
- 2) V bodě  $A$  sestrojit polopřímku  $b$ ; kdy  $b \perp AB$ ;  $A \in b$
- 3) Na polopřímce  $b$  zhotovit bod  $D$ : kde  $D \in b$ ;  $|AD| = |AB|$
- 4) Protáhnout úsečku  $AB$ , vznikne polopřímka  $a$
- 5) Vytvořit bod  $F$ , kdy  $F \in a$ ;  $|AF| = \frac{1}{2}|AB|$
- 6) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $F$ ; kde platí  $k(F; r = |FD|)$
- 7) Na polopřímce  $a$  vznikne bod  $C$ , kdy  $C \in (k \cap a)$



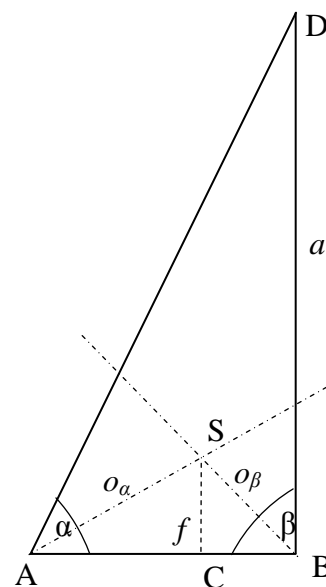
Obrázek 17: Pátý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

Konstrukce je zhotovená na obrázku 17.

### 3.5.6 Šestý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

POSTUP:

- 1) Sestrojit úsečku  $|AB|$
- 2) V bodě  $B$  sestrojit polopřímku  $a$ ; kdy  $a \perp AB$ ;  $A \in a$
- 3) Na polopřímce  $a$  zhotovit bod  $D$ : kde  $D \in a$ ;  $|BD| = 2x|AB|$
- 4) sestrojit  $\triangle ABD$
- 5) vytvořit osy úhlů  $\alpha$  a  $\beta$ , vznik průsečíků  $S$  těchto os, tedy  $S \in (o_\alpha \cap o_\beta)$
- 6) sestrojit kolmici  $f$  na úsečku  $AB$ , procházející bodem  $S$ , tedy  $f \perp AB$ ;  $S \in f$
- 7) Na úsečce  $AB$  vznikne bod  $C$ , kdy  $C \in (AB \cap f)$



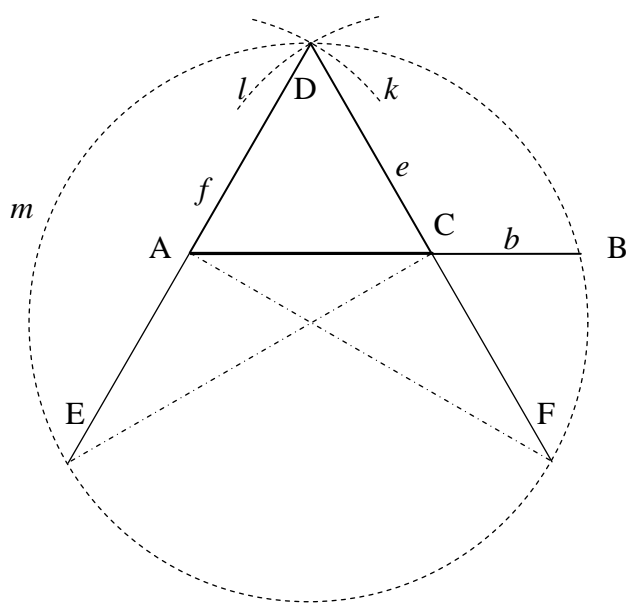
Obrázek 18: Šestý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

Konstrukce je zhotovená na obrázku 18.

### 3.5.7 Sedmý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

- 1) Sestrojit úsečku  $|AC|$
- 2) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $A$ ; kde platí  $k(A; r = |AC|)$
- 3) Sestrojit kružnici  $l$ , se středem  $C$ ; kde platí  $k(C; r = |CA|)$
- 4) Vznik průsečíků  $D$ , při čemž platí, že  $D \in (k \cap l)$
- 5) Vytvořit úsečku  $AD$ , protáhnout do polopřímky  $f$
- 6) Vytvořit bod  $E$ , kdy  $E \in f$ ;  $|DE| = 2x|DA|$
- 7) Vytvořit úsečku  $DC$ , protáhnout do polopřímky  $e$
- 8) Vytvořit bod  $F$ , kdy  $F \in e$ ;  $|DF| = 2x|DC|$
- 9) Vytvořit kružnici opsanou  $m$ , procházející body  $D, E, F$ , tedy  $D \in m$ ;  
 $E \in m$ ;  $F \in m$
- 10) Protáhnout úsečku  $AC$  do polopřímky  $b$ , vznikne průsečík  $B$ , kdy  $B \in b$ ;  
 $B \in m$ ;  $B \in (b \cap m)$

Konstrukce je zhotovená na obrázku 19.

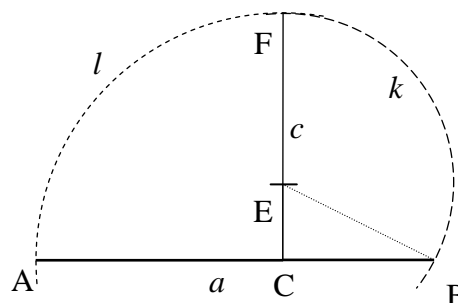


Obrázek 19: Sedmý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu



### 3.5.8 Osmý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

- 1) Sestrojit úsečku  $|BC|$
- 2) V bodě  $C$  sestrojit polopřímku  $c$ ;  
kdy  $c \perp BC$ ;  $C \in c$
- 3) Na polopřímce  $c$  zhotovit bod  $E$ ;  
kde  $E \in c$ ;  $|CE| = \frac{1}{2}|BC|$
- 4) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $E$ ;  
kde platí  $k(E; r = |EB|)$
- 5) Na polopřímce  $c$  vznikne bod  $F$ ,  
kdy  $F \in (k \cap c)$
- 6) Protáhnout úsečku  $BC$ , vznikne polopřímka  $a$
- 7) Sestrojit kružnici  $l$ , se středem  $C$ ; kde platí  $k(C; r = |CF|)$
- 8) Na polopřímce  $a$  vznikne bod  $A$ , kdy  $A \in (l \cap a)$

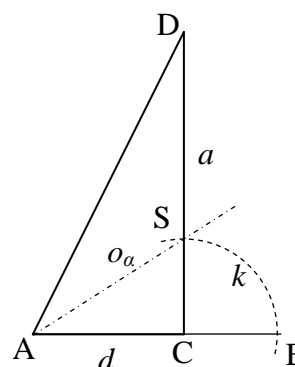


Obrázek 20: Osmý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

Konstrukce je zhotovená na obrázku 20.

### 3.5.9 Devátý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

- 1) Sestrojit úsečku  $|AC|$
- 2) V bodě  $C$  sestrojit polopřímku  $a$ ; kdy  
 $a \perp AC$ ;  $C \in a$
- 3) Na polopřímce  $a$  zhotovit bod  $D$ : kde  
 $D \in a$ ;  $|CD| = 2|AC|$
- 4) Sestrojit  $\triangle ACD$
- 5) vytvořit osu úhlu  $o_a$ , na polopřímce  $a$   
vznikne průsečíku  $S$ , tedy  $S \in (o_a \cap a)$
- 6) Protáhnout úsečku  $AC$ , vznikne  
polopřímka  $d$
- 7) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $C$ ; kde  
platí  $k(C; r = |CS|)$
- 8) Na polopřímce  $d$  vznikne bod  $B$ , kdy  $B \in (k \cap d)$

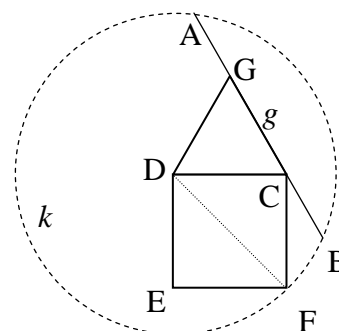


Obrázek 21: Devátý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu

Konstrukce je zhotovená na obrázku 21.

### 3.5.10 Desátý postup konstrukce tvorby zlatého řezu

- 1) Sestrojit  $\square CDEF$
- 2) Sestrojit rovnostranný  $\triangle CDG$ , jehož strany jsou stejně velké jako strany  $\square CDEF$
- 3) Protáhnout úsečku  $GC$ , vznikne přímka  $g$
- 4) Sestrojit kružnici  $k$ , se středem  $D$ ; kde platí  $k(D; r = |DF|); F \in k$
- 5) Na přímce  $g$  vzniknou průsečíky  $A$  a  $B$ , kdy  $A \in (k \cap g); B \in (k \cap g)$



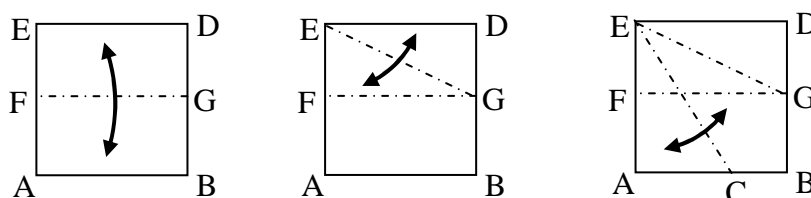
Konstrukce je zhotovená na obrázku 22.

**Obrázek 22: Desátý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu**

Dalším možným způsobem, jak vytvořit rozdělení úsečky v krajním a středním poměru, je využití skládání papíru, jaké se využívá při origami. Toto tradiční japonské umění občas využívá přehýbání částí papíru ve zlatém řezu. V literatuře [8] je uvedena tvorba zlatého obdélníku vycházejícího ze čtverce papíru a tudíž při tomto postupu dochází k rozdělení úsečky čtverce zlatým řezem pomocí jednoduchého překládání papíru. Postup této tvorby zlatého řezu je následující:

- 1) Přeložit čtverec papíru  $\square ABDE$  v polovině, vznik bodů  $F$ ,  $G$
- 2) Přeložit obdélník  $DEGF$  úhlopříčně, vznik úhlopříčky  $EG$
- 3) Vytvořit osu úhlu  $GEF$
- 4) Na úsečce  $AB$  vznikne bod  $C$ , která protíná danou úsečku ve zlatém řezu

Výše uvedený postup je vidět na obrázku 23.



**Obrázek 23: Konstrukce zlatého řezu pomocí překládání papíru**

Tvorba zlatého řezu pomocí skládání papírů jde i jinými způsoby. Tento byl zvolen pouze jako obrazný. Rozdělení úsečky v krajním a středním poměru pomocí skládání papíru není tak přesný, neb je závislý na přesnosti skládajícího.

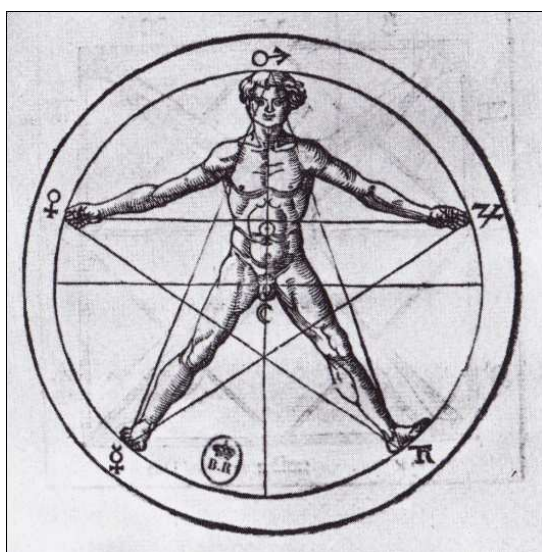
### 3.6 Zlatý řez ve vztahu k lidskému tělu

V průběhu doby se několik badatelů snažilo najít nějaké pravidlo, které by objasnilo proporcionalitu lidského těla. Již ve starověkém Řecku byl prosazován názor, který tvrdil dokonalosti symetrie lidského těla, která se promítla i do antické architektury a umění. Byly hledány kánony, různá pravidla, která by objasnila proporce lidského těla. Velký význam v této roli měl zlatý řez. Tato kapitola pojednává o historii uplatnění zlatého řezu při hledání lidských proporcí.

#### 3.6.1 Proporce lidského těla a pentagram

Pentagram v antických dobách měl velký význam. Jeho spojitost s lidským tělem byla velmi zdůrazňovaná. Jeho tvorba je spjata se zlatým řezem (viz kapitola 3.7.4).

Nejznámější souhra pentagramu a lidského těla byla vyobrazená Heinrichem Cornelius Agrippa z Nettesheimu v proslulém zobrazení člověka jako mikrokosmu.



Obrázek 24: Zobrazení člověka jako mikrokosmos podle Heinricha Corneliua z Nettesheimu (Ghyka, 2008)

Byla zhotovena v letech 1509-1510. Je na ní vyobrazen člověk s roztaženými nohama vytváří pěticípu hvězdu. Okolo postavy v tomto postavení lze opsat kružnice se středem v přirození, jak je vidět na obrázku 24.

Pěticípu hvězdu ve svých výtvorech využívali i Villard de Honnecourt. Ve 13. století vytvořil skycář, který je v současné době uložený ve francouzské Národní knihovně. Z tohoto skicáře vyplývá, že autor při tvorbě postav využíval linie pentagramu.

Významný objev pro potvrzení spjatosti pentagramu s lidským tělem našel Rudolf van Laban. Potvrdil jí svou studií, když si povšiml, že pohyby tanečníků kopírují poloměry opsaného dvacetistěnu (poloměry vepsané a opsané koule) a úhlový posun všech částí při tanci je maximálně  $72^\circ$ . Tento úhel je středový úhel pětiúhelníku, ze kterého se dá následně vytvořit zmiňovaný pentagram (Ghyka, 2008).

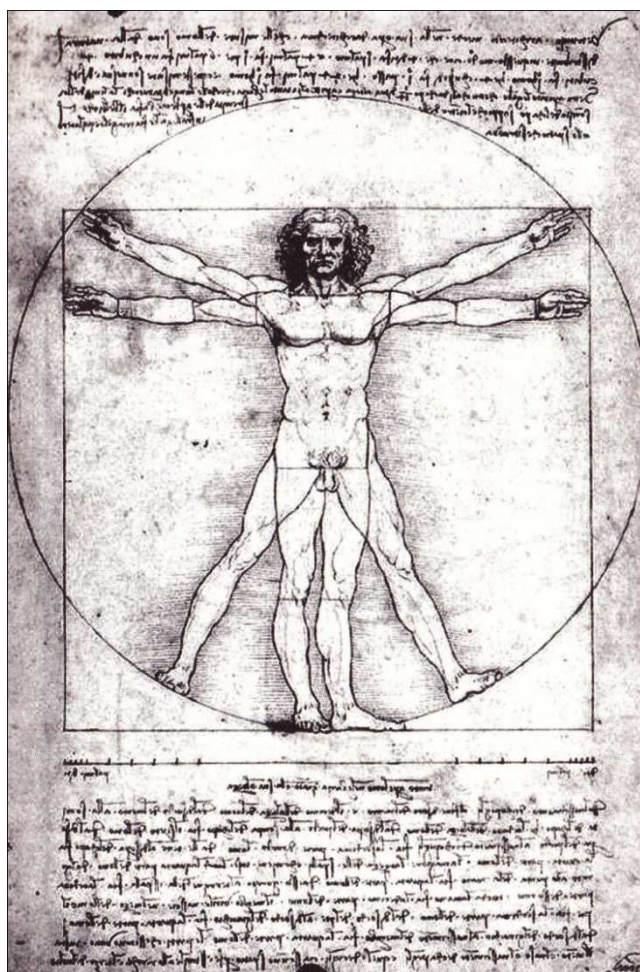
### 3.6.2 Ondřejův kříž

Ondřejův kříž vymyslel Vitruvius v prvním století před naším letopočtem.

Jeho známější vyobrazení v období renesance zhotovil Leonardo da Vinci. O tomto umělci se tvrdí, že zlatý řez ho natolik uchvátil, že ho využíval i ve své malířské tvorbě<sup>2</sup>. Leonardova skica Vitruviova muže sloužila jako ilustrace do nového vydání Vitruviových prací. Znázorňuje muže, jehož rozpětí ramen se rovná výšce postavy, tudíž lze kolem něj zhotovit čtverec. Taktéž je v kompozici zhotoven postoj, při kterém má muž vztyčené ruce a roztažené nohy tak, že lze kolem něj sestrojit kružnici se středem v pupíku (Atalay, 2004; Kos, 1996).

Dle literatury (Atalay, 2004) je poměr výšky muže

k výšce pupíku v poměru zlatého řezu. Ondřejův kříž je vidět na obrázku 25.



Obrázek 25: Ondřejův kříž od Leonarda da Vinciho (Atalay, 2004)

<sup>2</sup> Ovšem literatura Mario Livio ve své knize (Livio, 2006) uvádí, že tato myšlenka není dostatečně podložená. Říká, že většina Leonardových děl (jako Mona Lisa, Madona ve skalách, kresba hlavy starce, nedokončená malba Svatého Jaronýma), které by měly výskyt zlatého řezu obsahovat, nevyjadřují dle různých studií přesně zlatý řez. Dle jeho tvrzení tato díla byla vytvořena před prvním setkáním Leonarda da Vinciho s Lucca Piccoli. Tento muž byl velkým zastáncem zlatého řezu, tvůrcem knihy Božská proporce, kterou Leonardo ilustroval. Livio své tvrzení opírá o myšlenku, že Leonardo se o zlatém řezu dozvěděl právě od Piccoliho. Tudíž poměry v Leonardových obrazech blíží se k hodnotě zlatého řezu vznikly zcela náhodně.

### 3.6.3 Systém členění lidského těla dle A. Zeisinga

Zeising byl dalším významným zastáncem v uplatnění zlatého řezu v proporcionalitě lidského těla. Ve své studii vycházel z myšlenky, že každý předmět o určité délce, mezi něž patří i lidské tělo, lze rozdělit na nestejně části ve zlatém poměru. Při čemž platilo tvrzení, že při dělení jakéhokoli objektu zlatým řezem na menší části, lze tyto části opět dělit v krajním a středním poměru (Kos, 1996; W. Story, 1864).

Výška postavy je v tomto systému vyjádřena 1000 dílky, tudíž délka 1 dílku je výška postavy vydělená 1000. Po členění 1000 zlatým poměrem vznikají hodnoty, vyjadřující počet dílků, které se následně opětovně člení v krajním a středním poměru. Tento postup se opakuje, čímž vzniká řada těchto hodnot:

1000,000000; 618,0339887;  
381,9660113; 236,0679774;  
145,8980339; 90,1699435; 55,7280904;  
34,4418531; 21,2862373; 13,1556158;  
8,1306215; 5,0249943; 3,1056272;  
1,9193671; 1,1862601; 0,7331070

Zeising však ve svém díle na obrázcích označuje délky jednotlivých částí lidského těla v celých číslech bez zaokrouhlování.



Obrázek 1: Členění výšky lidského těla Zeisingovým systémem (Zeising, 1854)

Tento systém tvrdí, že umístění pupíku v poměru k výšce lidského těla je ve zlatém řezu. Každá členící přímka má své označení písmeny. V případě umístění pupíku se tedy zlatý řez nachází v poměru délky výšky lidského těla mezi temenem hlavy označené jako přímka A a rovinou země označenou písmenem U, na které měřená

postava stojí k poměru výšky umístění pupíku mezi rovinou země U a přímkou I, procházející pupíkem. Tento vztah platí i v poměru mezi výškou od roviny země U k přímkce I a výškou mezi přímkou A k přímkce I. Po shrnutí tedy platí vztah  $\frac{|AU|}{|IU|} = \frac{|IU|}{|AI|}$ . Dalším členěním zlatým poměrem vznikají nové členící přímký. U těchto přímek má Zeising pečlivě vypsane počty dílků, vyjadřující vzdálenost od předchozí přímký včetně jejich označení příslušným písmenem, jak je vidět na obrázku 26.

Čelní šířky vycházejí z myšlenky, že lidské tělo se dá z čelního pohledu rozdělit pomyslnou osou a že obě poloviny těla po stranách této osy jsou přibližně symetrické. Čelní i boční profilové šířky jsou taktéž vyjádřené počtem dílků. Délka dílku je stejná jako u výškového členění. Všechny hodnoty však uvádějí hodnoty, které jsou vedené vzduchem, ne na postavě. Jedná se tedy o rozměry přímé, nikoli o povrchové (Zeising, 1854).

Členění je v Zeisingově systému poměrně pečlivě rozepsané a znázorněné na obrázcích pro jednotlivé části těla, jako jsou paže, dlaně, obličej, nohy či chodidla, a to jak v délce, tak v šířce. Podrobněji spolu s obrázky je tento systém popsán v příloze 2. Při hlubší studii tohoto systému je zřejmé, že Zeising sestrojil tímto systémem jakési pravidlo, které je pro muže i ženy stejné. Nevýhodou tohoto systému je neurčitost některých bodů. Například hrtan je chrupavkami vyztužená trubice, tato soustava se navíc pohybuje, takže určení přesné výšky je poměrně obtížné.

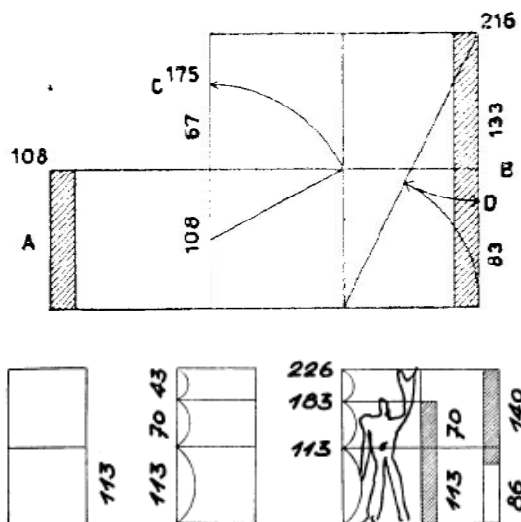
#### 3.6.4 Modulor

Modulor je systém, který vymyslel architekt Le Corbusier. V přímém překladu znamená mod či modus norma a d'or zlato. Tento kánon udává lidské tělo jako zdroj pro proporce všech věcí, které člověka obklopují. Lze ho aplikovat v architektuře i mechanice (Livio, 2006).

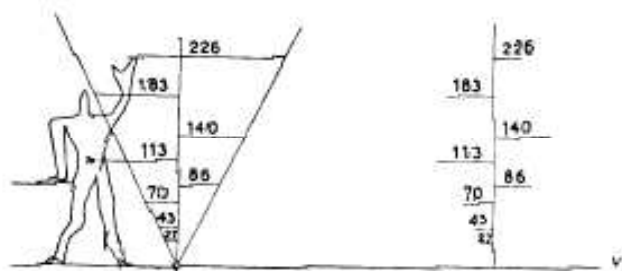
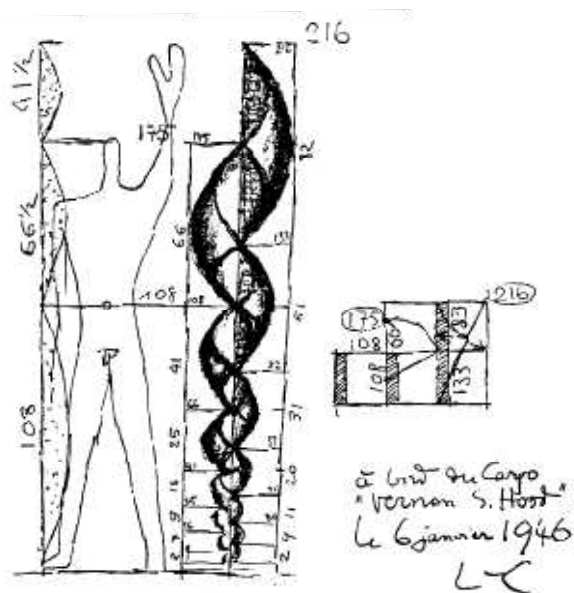
Základem tohoto kánonu je mužská postava s jednou zdviženou rukou. U některých vyobrazení moduloru se druhá ruka postavy opírá o podložku. Postava je v klasickém vzpřímeném postoji, tedy bez shrbení postavy. Výška muže byla nejprve 175 cm, která vycházela údajně z průměrné výšky evropského muže. Později byla upravená na 183 cm.



I v moduloru umístění pupíku člení výšku postavy ve zlatém řezu. Pro výšku 175 cm je tedy jeho umístění po zaokrouhlení 108 cm, pro výšku 183 cm je jeho umístění 113 cm. Dvojnásobek této výšky je v tomto systému celá výška postavy se zdviženou rukou, tedy 216 a 226 cm. Po rozčlenění celkové výšky zlatým řezem nám po zaokrouhlení vyjdou hodnoty pro první výšku 83 cm a pro druhou 86 cm. Tyto hodnoty vyjadřují umístění zápěstního kloubu. Tyto hodnoty jsou klíčové při tvorbě moduloru jak je vidět na obrázku 27.



Obrázek 2: Tvorba moduloru (Le Corbusier, 1961)



Obrázek 3: Modulor pro výšku 175 cm a 183 cm s vyznačením červené a modré řady čísel (Le Corbusier, 1961)

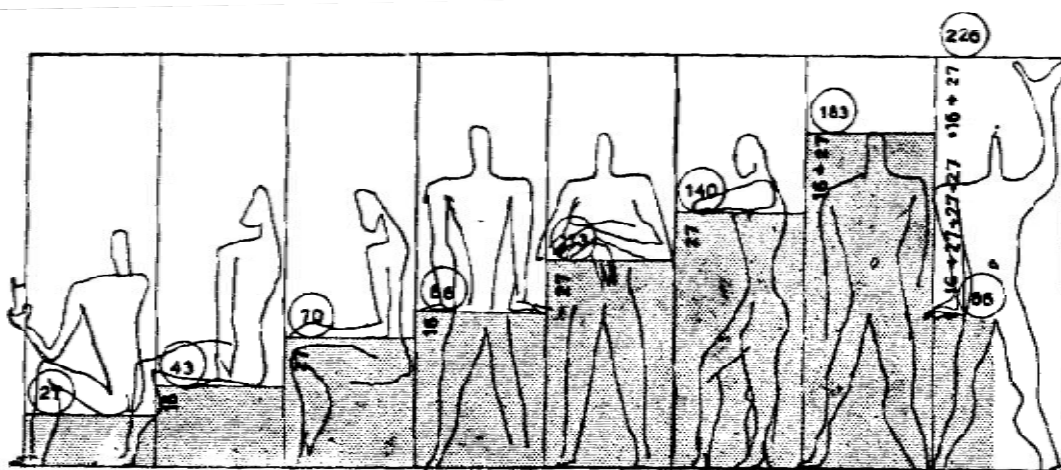
Při řetězovém členění výšky postavy zlatým řezem vzniká tzv. červená číselná řada. Při stejném členění výšky postavy se zdviženou rukou vzniká modrá číselná řada. Obě tyto řady mají podobné vlastnosti jako fibonacciho posloupnost. Tedy součet dvou sousedních čísel vytváří číslo vyšší (odchýlení vzniká zaokrouhlením) a při dělení dvou po sobě jdoucích čísel vyjde přibližně  $\phi$ . Vzhledem k tomu, že Le Corbusier ve svém systému zaokrouhluje na celá čísla, tyto vlastnosti vychází obrazně.

Pro výšku 175 cm je červená řada čísel 9 - 16 - 25 - 41 - 66 - 108 - 175 cm a modrá 11 - 20 - 31 - 51 - 82 - 133 - 216 cm.

Pro výšku 183cm červenou řadu tvoří řada čísel 4 – 6 – 10 – 16 – 27 – 43 – 70 – 113 – 183 cm, modrou 3 – 5 – 8 – 13 – 20 – 33 – 53 – 86 – 140 – 226 cm (viz obrázek 28).

Červenou i modrou řadu čísel Le Corbusier často znázorňoval formou spirály. Hodnoty jednotlivých řad vyjadřují výšky částí těla při různých činnostech a pohybech. Těmto výškám by se dle moduloru měly přizpůsobovat interiéry budov, ať už se jedná o nábytek, či umístění oken, tak stavby samotné. Cílem tohoto systému bylo jeho využití pokud možno co v největším okruhu masové výroby, pro kterou měl sloužit jako klíč (Le Corbusier, 1961).

Jednotlivé postoje, které se vytvářejí při různých činnostech např. sezení, psaní, opírání jsou vidět na obrázku 29.



Obrázek 4: Lidské tělo v různých polohách dle Moduloru (Le Corbusier, 1961)

### 3.6.5 Systém od Ernsta Neuferta

Ernst Neufert byl dalším zastáncem v uplatnění zlatého řezu v proporci lidského těla a v proporcích věcí, které člověka obklopují. V roce 1936 vyšla jeho práce *Bauentwurfslehre*, která měla být klíčovým zdrojem při určování rozměrů v jednotlivých pracích projektantů a architektů. Členění postavy, které je vidět na Obrázek 5, je velmi podobné Zeisingově systému, který považoval za klíčový. Jednotlivé poměry označoval písmeny *M* (Major), označující větší část poměru zlatého řezu a *m* (minor), označující menší část poměru zlatého řezu. Toto členění mělo být podobně jako u moduloru zdrojem proporčních rozměrů věcí, které nás obklopují. Ve své práci zveřejňuje studii, která je podobná Moduloru a v architektonických projektech



### 3.6.6 Další studie lidského těla s obsahem zlatého řezu

Bülent Atalay (Atalay, 2004) uvádí studii přesné proporce s obsahem zlatého řezu na rentgenovém snímku ruky poraněnou při nehodě na lovu broky. Tento snímek vytvořil vynálezce prvního rentgenu a držitel Nobelovy ceny Wilhem Röntgen. Na

snímku jsou dokonale viditelné jednotlivé kosti, jejich vzdálenosti jsou označené písmeny. Kost metakarpální (kost dlaně) u palce je znázorněná body A'B', kosti prstu (u palce proximální – první, distální – druhá) jsou po sobě označené B'C' a C'D'. U ukazováčku je velikost metakarpální kosti označena body AB, velikost proximální kosti BC, mediální (prostřední kosti v ukazováčku) CD a distální DE. Poměry mezi jednotlivými délkami kostí se překvapivě blíží hodnotě  $\varphi$ .

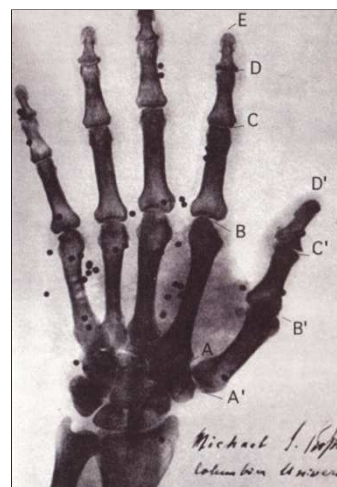
Rentgenový snímek je vidět na obrázku 31.

Pro palec tedy platí vztah:

$$\frac{A'B'+B'C'}{A'B'} = \frac{A'B'}{B'C'} = \frac{B'C'+C'D'}{B'C'} = \frac{B'C'}{C'D'} \quad (2.33)$$

Pro ukazováček platí vztah:

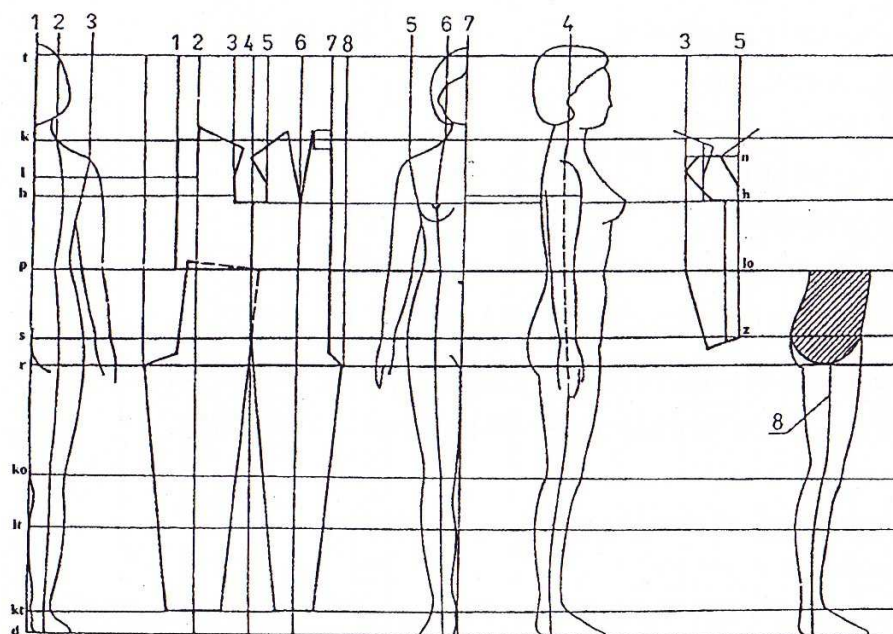
$$\frac{AB+BC}{AB} = \frac{AB}{BC} = \frac{BC+CD}{BC} = \frac{BC}{CD} = \frac{CD+DC}{CD} = \frac{CD}{DC} \quad (2.34)$$



Obrázek 6: Rentgenový snímek zraněného lovce z roku 1896 (Atalay, 2004)

### 3.7 Zlatý řez v konstrukci a designu oděvního výrobku

Ačkoli v dnešní době to již nemusí být pravidlem, stále je oděv převážně vytvářen z plošných oděvních materiálů. Při jeho konstrukci se vychází z povrchové konstrukční sítě lidského těla, která vzniká rozvinutím horizontálních a vertikálních rovin s průsečíky z 3D do 2D při zachování délek oblouků a úhlů křivek. Přičemž platí, že průsečíky povrchových obrysových křivek vertikálních a horizontálních rovin odpovídají konstrukčním bodům stříhové sítě. Rozvinutí horizontálních a vertikálních čar je vidět na obrázku 32 (kolektiv KOD, 2003).



Obrázek 7: Rozvinutí horizontálních a vertikálních čar z 3D do 2D (kolektiv KOD 2003)

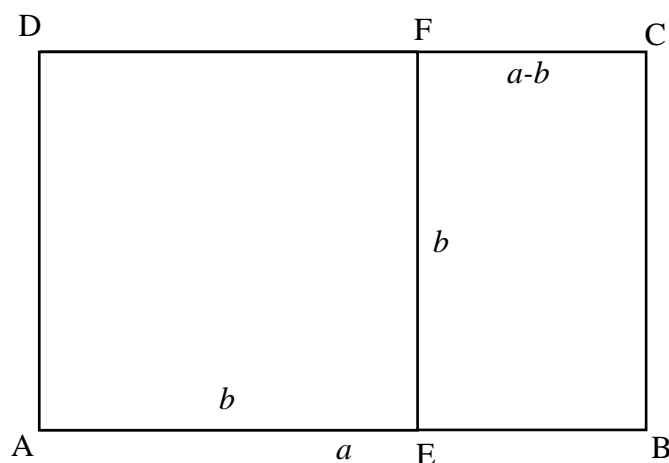
Při pohledu na rozvinutou konstrukční síť lidského těla je vidět, že se skládá z 2D objektů, geometrických tvarů. Tyto tvary po svém složení vytváří různé kužele, válce apod. Zlatý řez se nějak výrazně v konstrukcích oděvů neuplatňuje, avšak pokud se vyskytuje, lze ho vyjádřit pomocí dvojrozměrných „zlatých geometrických útvarů“. Tyto útvary lze pak využít i ke konstrukci designových prvků či ke stříhové úpravě oděvu. Pro tvorbu konstrukce oděvů včetně designových doplňků a úprav lze tedy využít zejména zlatý obdélník, trojúhelník, pětiúhelník, desetiúhelník a zlatou spirálu.

### 3.7.1 Zlatý obdélník

Platí pro něj stejná pravidla jako pro každý obdélník. Je to tedy rovnoběžník se čtyřmi úhly, jehož 2 protější strany jsou rovnoběžné. Při čemž úhly, které jednotlivé strany svírají, se rovnají  $90^\circ$  (Rektorys, 1981).

Zlatý obdélník je však obdélník, u kterého platí že  $a > b$  a poměr delší strany  $a$  ke kratší straně  $b$  je roven zlatému řezu, tedy  $\frac{a}{b} = \varphi$ .

Významnou vlastností zlatého obdélníku je, že pokud se od zlatého obdélníku ABCD oddělí čtverec AEFD o velikosti stran odpovídající délce kratší strany obdélníku, tedy straně  $b$ , vznikne opět zlatý obdélník. Oddělení čtverce od zlatého obdélníku je vidět na obrázku 33 (Chmelíková, 2009; Walser, c2001).



Obrázek 8: Oddělení čtverce AEFD ze zlatého obdélníku ABCD, vznik nového zlatého obdélníku EBCF

Tato vlastnost platí pouze pro zlatý obdélník a lze jí ověřit:

Máme obdélník ABCD o stranách  $a$ ,  $b$ , kde  $a > b$ . Poměr strany  $a$  ke straně  $b$  označíme jako  $p$ , tedy  $\frac{a}{b} = p$ . Pro získání podobného obdélníku EBCF se stejnými vlastnostmi jako má původní ABCD po oddělení čtverce AEFD platí vztah:

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{a-b} \quad (2.35)$$

Tento vztah upravíme ekvivalentními úpravami:

$$\frac{b}{a} = \frac{a-b}{b} \quad (2.36)$$

$$\frac{b}{a} = \frac{a}{b} - \frac{b}{b} \quad (2.37)$$

Po dosažení poměru stran  $\frac{a}{b} = p$  vznikne vztah:

$$\frac{1}{p} = p - 1 \quad (2.38)$$

Po úpravě toho vztahu nám vyjde kvadratická rovnice ve tvaru:

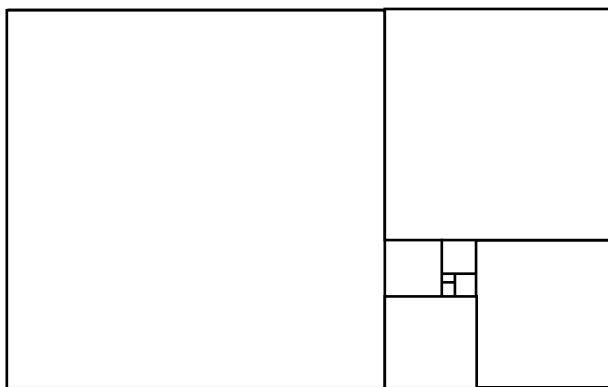
$$p^2 - p - 1 = 0 \quad (2.39)$$

Což je tvar kvadratické rovnice, jak bylo uvedené v kapitole 3.2, která definuje zlatý řez. Jejimi kořeny jsou  $p_1 = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$  a  $p_2 = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$ . Vzhledem k tomu, že poměr  $p$  vyjadřuje poměr kladných délek stran, druhý kořen  $p_2$  nelze vzít v úvahu, protože je záporný. Výsledkem je tedy kořen  $p_1$ , který je roven hodnotě zlatému řezu. Tedy:

$$p = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = \varphi \quad (2.40)$$

Což znamená, že tento vztah platí pouze pro obdélníky, jejichž poměry stran jsou v poměru zlatého řezu (Chmelíková, 2009).

Jak již bylo řečeno, členěním zlatého obdélníku oddělením čtverce, nám vznikne nový zlatý obdélník. Tento postup lze u nových zlatých obdélníků opakovat, čímž nám vznikají menší a menší zlaté obdélníky, jak je vidět na obrázku 34.

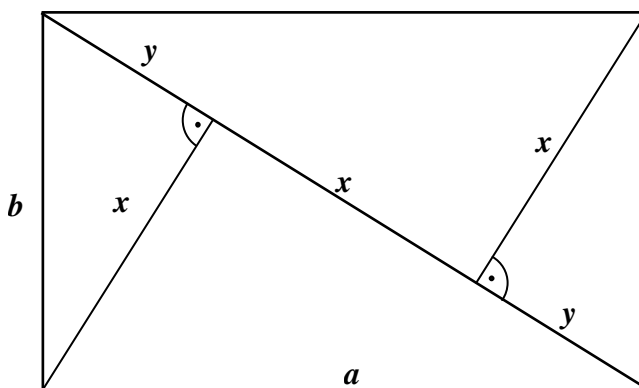


**Obrázek 9: Postupné oddělování čtverců od zlatých obdélníků.**

Tento způsob členění je významný při tvorbě zlaté spirály viz kapitola níže.

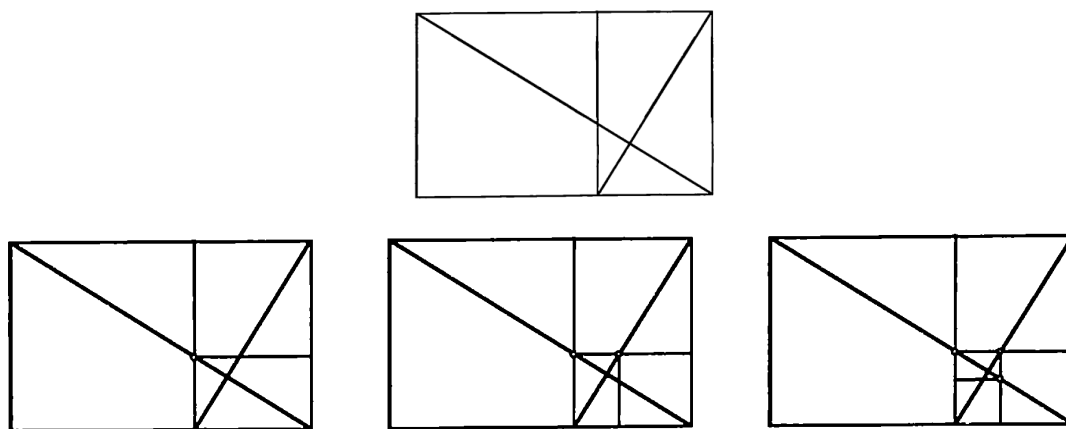
Další významnou vlastností zlatého obdélníku je, že v případě zhotovení jeho úhlopříčky, na níž se ze zbylých bodů spustí kolmice, rozčlení to úhlopříčku na 3 části. Z toho 2 části jsou o stejné délce a jsou kratší než prostřední část. Při tom platí, že poměr prostředního úseku rozčleněné úhlopříčky ke kratšímu je ve zlatém poměru a délka prostřední části je stejná jako délka kolmic spuštěných na úhlopříčku (Chmelíková, 2009; Walser, c2001). Princip členění úhlopříčky zlatého obdélníku je vidět na obrázku 35.

$$\frac{a}{b} = \frac{x}{y} = \varphi$$



Obrázek 10: Zlatý obdélník členěný úhlopříčkou rozčleněnou kolmicemi z protějších bodů

V literatuře (Walser, c2001) je uvedeno, že spuštěné kolmice na úhlopříčku zlatého obdélníku tvoří po protažení úhlopříčky dalšího zlatého obdélníku, který vznikl po oddělení čtverce metodou, která byla popsána výše. Přičemž úhlopříčka předchozího, většího zlatého obdélníku protíná delší stranu nového zlatého obdélníku v bodě, který člení delší část nového zlatého obdélníku zlatým řezem. Pokud se tedy v tomto bodě spustí kolmice, oddělí se tím čtverec a vznikne nový, ještě menší zlatý obdélník. Tento postup výrazně urychluje tvorbu zlaté spirály a je znázorněn na obrázku 36.

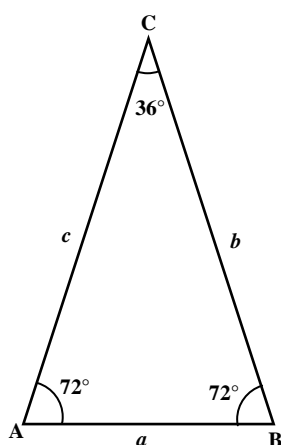


Obrázek 11: Postup členění zlatého obdélníku pomocí úhlopříček (Walser, c2001)

### 3.7.2 Zlatý trojúhelník

Jedná se o rovnoramenný trojúhelník, u kterého poměr ramene k základně nebo poměr základny k rameni trojúhelníka je roven zlatému řezu. Walser ve své knize (Walser, c2001) uvádí 2 druhy zlatých trojúhelníků a to ostrý, který ve vrcholu svírá  $36^\circ$  a při základně jsou úhly o velikosti  $72^\circ$ . Tupý trojúhelník neboli zlatý gnómon ve vrcholu svírá  $108^\circ$  a při základně jsou úhly o velikosti  $36^\circ$ . Povšimněme si, že všechny tyto úhly jsou násobky  $36^\circ$ .

Zlatý trojúhelník s ostrým úhlem je znázorněný na obrázku 37. Zde jsou v poměru k základně ramena delší. Pokud je vydělíme délkou základny, vyjde božská proporce. Základnu rozdělíme výškou trojúhelníka, která jí rozčlení



Obrázek 12: Zlatý trojúhelník s ostrým vrcholem

v polovině. Úhel při základně označíme jako úhel  $\alpha$ . Pokud délku základny zvolíme za jednotkovou, pak délka ramene, aby rovnoramenný trojúhelník byl zlatý (tedy  $\frac{b}{a} = \varphi$ ), musí být ve velikosti  $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ . Po dosažení velikostí úseček s využitím goniometrických funkcí nám vznikne vztah:

$$\cos \alpha = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1+\sqrt{5}}{2}} = \frac{1}{1+\sqrt{5}} \quad (2.41)$$

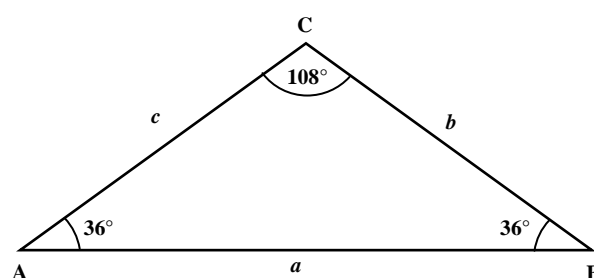
Po dosažení velikosti úhlu:

$$\cos 72^\circ = \frac{1}{1+\sqrt{5}} \quad (2.42)$$

Což je pravdivý výraz.

U zlatého gnómonu (viz obrázek 38) je základna delší než ramena, tudíž je poměr základny k rameni roven zlatému řezu, tedy platí vztah  $\frac{b}{a} = \varphi$ . V případě, že rameno zvolíme za jednotkové, základna pro zachování pravidla zlatého trojúhelníku musí být o velikosti  $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ .

Základnu opět rozdělíme výškou, která jí rozdělí na poloviny. Úhel při základně označíme jako  $\alpha$ . Po dosažení velikostí úseček s využitím goniometrických funkcí nám vznikne vztah:



Obrázek 13: Zlatý trojúhelník s tupým vrcholem

$$\cos \alpha = \frac{\frac{1+\sqrt{5}}{2} \cdot \frac{1}{2}}{1} = \frac{1+\sqrt{5}}{4} \quad (2.43)$$

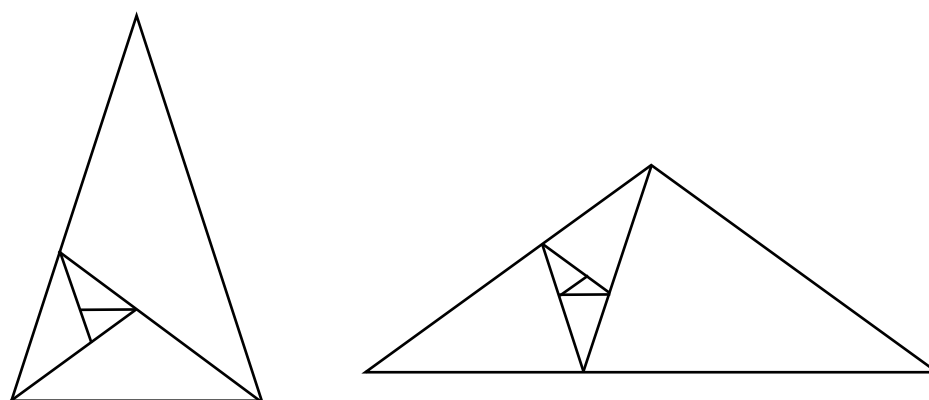
Po dosažení velikosti úhlu vznikne vztah:

$$\cos 36^\circ = \frac{1+\sqrt{5}}{4} \quad (2.44)$$

Tento vztah je pravdivý.

Oba tyto trojúhelníky se objevují v pětiúhelníku při tvorbě pentagramu. Zlatý trojúhelník s ostrým úhlem je vlastně desetinovým dílkem v desetiúhelníku.

Obdobně jak je to u zlatého obdélníku, i oba trojúhelníky mají svojí specifickou vlastnost. Pokud vepíšeme do zlatého trojúhelníku s ostrým úhlem další rovnoramenný trojúhelník, jehož rameno má velikost základny, vznikne nám nový zlatý trojúhelník, který je tomu původnímu podobný. Základna nového trojúhelníku člení rameno původního trojúhelníku ve zlatém poměru. U zlatého gnómonu rozdělíme trojúhelník tak, že přeneseme velikost jednoho ramene na základnu a vzniklý bod spojíme s vrcholem. Základna se nám tak rozdělí ve zlatém poměru. Vznikne nám též nový zlatý gnómon. Je dobré si všimnout, že oba trojúhelníky se při oddělování vzájemně doplňují – tzn. při oddělování zlatých trojúhelníků zbude zlatý gnómon a naopak. Oba způsoby postupného členění jsou vidět na obrázku 39. Tyto postupy lze opakovat, čímž vznikne obrazec využívaný při tvorbě zlaté logaritmické spirály (Chmelíková, 2009; Walser, c.2001).



Obrázek 14: Postupné oddělování trojúhelníků od zlatých trojúhelníků



### 3.7.3 Zlatá spirála

Zlatá spirála je druhem logaritmické spirály. Definice logaritmické spirály je následující (Rektorys, 1981): „Logaritmickou spirálou nazýváme křivku, která protíná průvodiče svých bodů pod konstantním úhlem. Je to též křivka, jejíž oblouk mezi pevným a proměnlivým bodem je úměrný průvodiči tohoto bodu.“

Rovnicí logaritmické spirály v polárních souřadnicích<sup>3</sup>  $[r, \Theta]$  je:

$$r = a \cdot e^{b \cdot \theta} \quad (2.45)$$

Kde  $r$  je vzdálenost od počátku souřadnice,  $a$ ,  $b$  jsou kladné reálné konstanty,  $\theta$  je úhel, který svírá polopřímka od počátku souřadnice k bodu spirály s kladnou osou  $x$  a  $e$  je základ přirozených logaritmů (Chmelíková, 2009; Rektorys, 1981).

U zlaté spirály vycházející musí být konstanta  $b$  zvolena tak, aby pro  $\theta = \frac{\pi}{2}$  bylo  $e^{b\theta} = \varphi$ . Z toho plyne že  $b = \frac{2\ln\varphi}{\pi}$ . Po dosažení do rovnice logaritmické spirály vzniká:

$$r = a \cdot e^{\frac{2\ln\varphi}{\pi} \cdot \theta} \quad (2.46)$$

$$r = a \cdot e^{\frac{2\ln\varphi}{\pi} \cdot \theta} \quad (2.47)$$

$$r = a \cdot \varphi^{\frac{2\theta}{\pi}} \quad (2.48)$$

Pokud konstantu  $a$  zvolíme za jednotku délky, pak má rovnice zlaté spirály tvar:

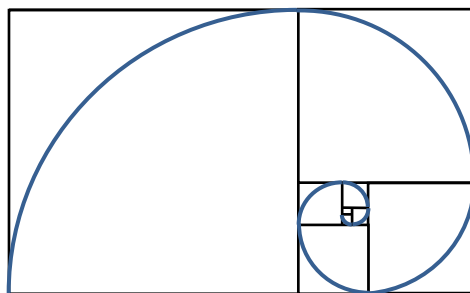
$$r = \varphi^{\frac{2\theta}{\pi}} \quad (2.49)$$

Tento druh spirály lze zhotovit z obrazce, který nám vzniknul při postupném členění zlatých obdélníků. Ke zhotovení spirály se využívají čtvrtkružnice, jejichž poloměr je délka strany odděleného čtverce ze zlatého obdélníku. Tudíž při změně úhlu o  $\frac{\pi}{2}$  (o  $90^\circ$ ) se změní délka průvodiče  $\varphi$  krát. Střed kružnice je v bodě odděleného čtverce, který je nejbližší středu spirály. Postup tvorby zlaté spirály je vidět na obrázku

---

<sup>3</sup> Polární souřadnice je dvou-dimenzionální systém souřadnic, ve kterém je každý bod určen úhlem a vzdáleností od počátku soustavy. Úhel  $\Theta$  (theta) je uváděn v radiánech.

40. Vzniklá křivka při využití tohoto postupu je téměř totožná s křivkou zlaté spirály (Chmelíková, 2009).



Obrázek 15: Zlatá spirála vytvořená pomocí postupného vkládání zlatých obdélníků

Zlatou spirálu lze zhotovit i pomocí do sebe vepsaných zlatých trojúhelníků a zlatých gnómonů. K tomu, aby u zlatého trojúhelníku s ostrým úhlem byl nový vepsaný trojúhelník zlatý, je třeba, aby se každý nový vepsaný zlatý trojúhelník otáčel o  $108^\circ$ , tedy  $\theta = \frac{3\pi}{5}$ . Opět musí platit vztah  $e^{b\theta} = \varphi$ , potom  $b = \frac{5\ln\varphi}{3\pi}$ . Když konstantu  $a$  zvolíme za jednotkovou, pak po dosažení vztahu do rovnice spirály 2.43 vyjde vztah popisující zlatou spirálu (Chmelíková, 2009):

$$r = \varphi^{\frac{5\theta}{3\pi}} \quad (2.50)$$

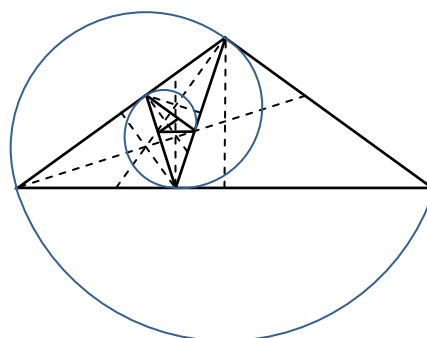
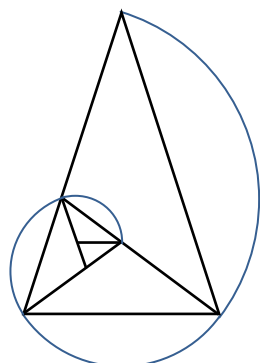
Zlatou spirálu lze opět téměř přesně zhotovit pomocí aproximace kružnic. Přitom středem kružnice je vždy bod, který člení rameno příslušného trojúhelníka, pro který se oblouk vytváří. Konstrukce zlaté spirály je vidět na Obrázek 16.

Obdobně lze odvodit i rovnici spirály pro vepsané zlaté gnómony. Zde k tomu, aby platil vztah  $e^{b\theta} = \varphi$ , se  $\theta = \frac{4\pi}{5}$ , tedy každý nový vepsaný zlatý trojúhelník se otáčí o  $144^\circ$ . Dosazením pak vzniká vztah  $b = \frac{5\ln\varphi}{4\pi}$ . Pokud konstanta  $a$  se zvolí za jednotkovou, výsledná rovnice zlaté spirály bude:

$$r = \varphi^{\frac{5\theta}{4\pi}} \quad (2.51)$$

I tuto spirálu lze poměrně přesně aproximovat pomocí kružnic. Tato konstrukce je poměrně složitější než v předchozím případě. Středem každé kružnice musí být bod, který leží uvnitř trojúhelníka. Aby spirála byla plynulá, je nutné, aby středy dvou po

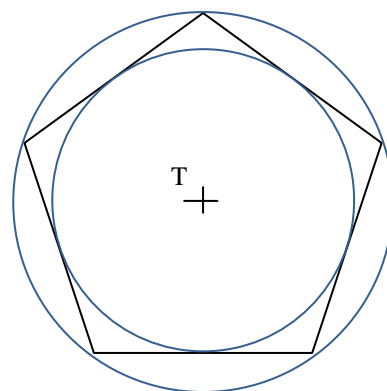
sobě jdoucích kružnic ležely na jedné pomyslné přímce. Tuto podmínku splňují průsečíky os úhlů trojúhelníka. Zhotovená zlatá spirála pro vepsané tupé zlaté trojúhelníky je vidět na obrázku 41 (Walser, c.2001; Sharp, 2002).



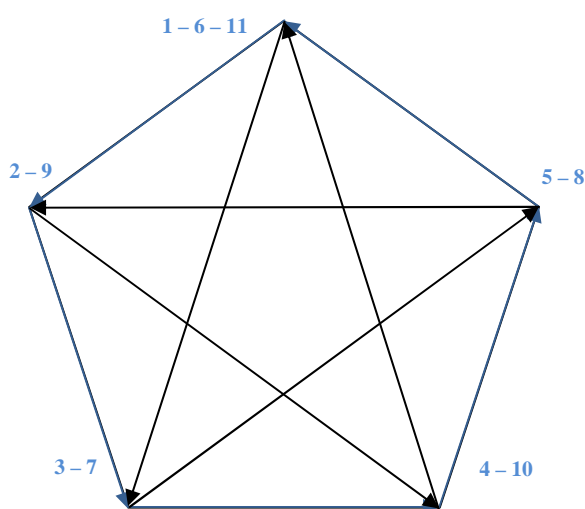
Obrázek 16: Zlaté spirály vytvořené pomocí postupného vkládání zlatých trojúhelníků

### 3.7.4 Pravidelný pětiúhelník

Jedná se o pravidelný mnohoúhelník, který má všechny strany a všechny úhly stejně velké. Platí pro něj stejná pravidla jako pro ostatní pravidelné mnohoúhelníky a to, že kolmá vzdálenost strany mnohoúhelníka ke středu (= těžiště mnohoúhelníka) je rovna poloměru kružnice vepsané a vzdálenost jednotlivých bodů mnohoúhelníka k jeho těžišti je rovna poloměru kružnice opsané (Rektorys, 1981), což je znázorněné na obrázku 42.



Obrázek 17: Pravidelný pětiúhelník s kružnicí vepsanou a opsanou



Obrázek 18: Sestrojení pětiúhelníku s jeho úhlopříčkami jedním tahem

Dle literatury (Chmelíková, 2009) se jedná o jediný pravidelný mnohoúhelník, který má stejný počet stran jako úhlopříček a také se jedná o mnohoúhelník s nejmenším počtem vrcholů, který lze nakreslit včetně jeho úhlopříček jedním tahem viz obrázek 43.

Jeho vnitřní úhly jsou veliké  $108^\circ$ . Při zhotovení úhlopříček nám v jeho vnitřku vznikne pěticípá hvězda, skládající se z ostrých i tupých zlatých trojúhelníků, nazývaná také jako

pentagram. Dále nám ve středu vznikne nový pravidelný pětiúhelník.

Chmelíková též ve své knize uvádí i zajímavé vlastnosti pravidelného pětiúhelníka včetně jejich matematického ověření. Mezi tyto vlastnosti patří (Chmelíková, 2009):

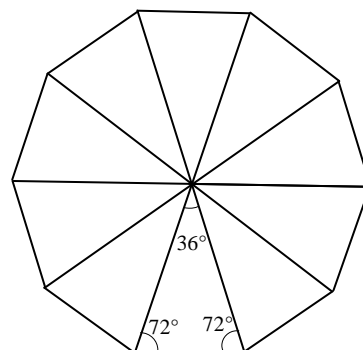
- Dvě úhlopříčky, které nemají společné krajní body pravidelného pětiúhelníka, se navzájem protínají v bodě, který je člení ve zlatém řezu.
- Poměr délky úhlopříčky k délce strany pravidelného pětiúhelníka je ve zlatém poměru.
- Po vytvoření všech úhlopříček v pravidelném pětiúhelníku nám v jeho středu úhlopříčky vytvoří nový pravidelný pětiúhelník. Poměr délky strany původního a nového pětiúhelníku je roven druhé mocnině čísla  $\varphi$ .

### 3.7.5 Pravidelný desetiúhelník

Jedná se o další pravidelný mnohoúhelník, pro který platí stejná pravidla pravidelných mnohoúhelníků, která jsou uvedena u pětiúhelníku.

Zvláštní vlastností desetiúhelníku (vidět na obrázku 44) je, že v případě, že ho rozdělíme na 10 stejných rovnoramenných trojúhelníků, jejichž vrcholy se spojují v jednom bodě (ve středu desetiúhelníku) a jejich základny jsou jednotlivé strany desetiúhelníka, jsou tyto trojúhelníky zlaté.

Jak bylo uvedené v kapitole 3.7.2, zlatý trojúhelník je takový, jehož vnitřní úhly jsou při základně o velikosti  $72^\circ$  a u vrcholu  $36^\circ$ . Tuto podmínku splňuje každý trojúhelník v desetiúhelníku. Po shrnutí těchto vlastností je tedy poloměr kružnice opsané k délce strany desetiúhelníka ve zlatém řezu.



Obrázek 19: Pravidelný desetiúhelník

## **4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

Základem pro experimentální část diplomové práce je somatometrické šetření souboru 30 probandů. Cílem tohoto šetření je nalézt zákonitosti zlatého řezu v členění lidské postavy pomocí matematicko-statistické analýzy naměřených dat.

### **4.1 Návrh a popis experimentu**

#### **4.1.1 Určení metod a parametrů pro sestavení experimentu**

Většina systémů zabývajících se využitím zlatého řezu v proporcionalitě lidského těla z kapitoly 3.6 řeší pouze členění výškových rozměrů. Jediným systémem, který je velmi podrobně rozpracovaný a umožňuje tak nalezení parametrů, které jsou důležité pro sestavení konstrukcí oděvů je systém Zeisingův. Tento systém ukazuje využití zlatého řezu i v členění šířkových rozměrů. Nevýhodou však je, že šířkové rozměry jsou přímé, nikoli povrchové, tudíž jsou pro zhotovení konstrukcí oděvů nevhodné. Proto tento experiment vychází při hledání zlatého řezu v členění lidské postavy a částí těla pouze z výškových rozměrů.

Při určování výšek, které se budou v experimentu vyhodnocovat, se tedy vycházelo zejména ze Zeisingova systému. Dále bylo vycházeno ze znalosti somatometrických bodů, užívající se při měření dle ČSN 80 00 90, a z anatomie člověka.

K měření tělesných rozměrů se využívají 2 metody měření. Bezkontaktní metoda je objektivní a využívá technologie (laser, infračervené světlo, strukturované světlo a fotogrammetrie), které umožňují rychlý záznam dat, na jehož základě je ve výstupu sestaven 3D model, na kterém se určují jednotlivé rozměry a typologie postav. Měření je v porovnání s kontaktní metodou rychlejší a přesnější. Ovšem přístroje pro bezkontaktní metodu jsou poměrně těžko dostupné. Z tohoto důvodu byla pro tento experiment zvolena subjektivní kontaktní metoda měření. Tato metoda je stále při somatometrickém průzkumu nejvyužívanější a je založená na principu kontaktu měřidla s povrchem lidského těla.

Je známé (Kovařík, 2011), že průměrný růst u žen se zastavuje kolem 20. roku (v extrémech až ve 23 letech), u chlapců kolem 22. roku života (v extrémech až ve 25 letech). Pak vlivem stárnutí organismu dochází ke zmenšování. Proto byl věk probandů volen tak, aby již nedocházelo k růstu vlivem dospívání a zároveň aby zmenšování výšky vlivem stárnutí nebylo tak markantní. Pro toto měření tedy bylo změřeno 30 žen ve věku 20-30 let.

Další faktor ovlivňující změnu výšky je sesedání plotýnek v průběhu dne, které může změnit výšku v průměru o 1-2 cm. K opětovnému vrácení plotýnek do původního stavu dochází během spánku nebo při některých druzích sportu jako je například plavání. Tento faktor byl v měření z důvodu obtížnosti zajištění stejných podmínek pro všechny probandy zanedbán (Kovařík, 2011).

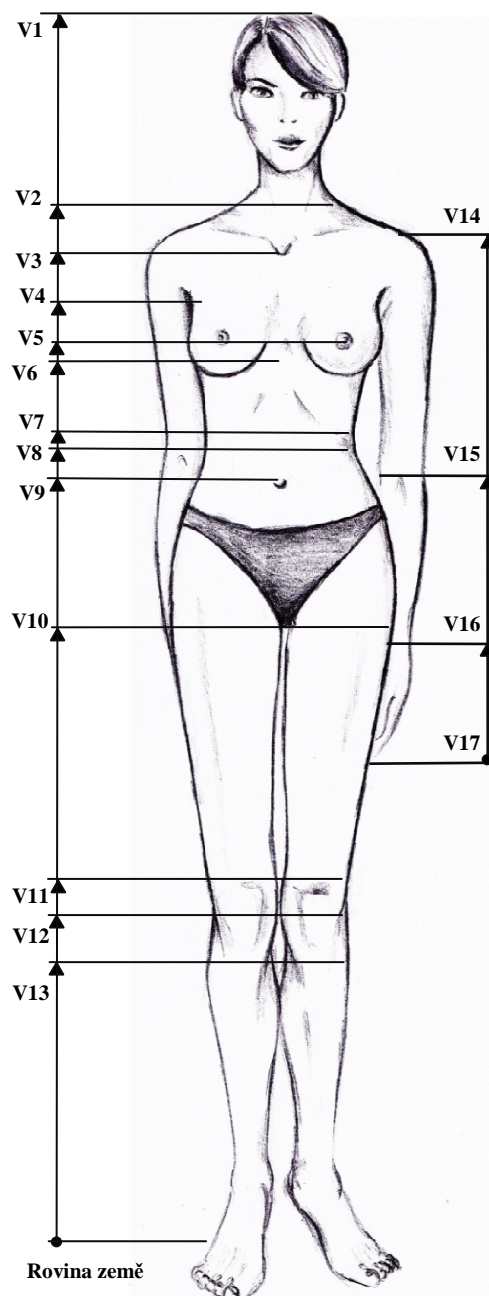
#### **4.1.2 Popis experimentu**

Pro somatometrické šetření byly na lidské postavě ze Zeisingova systému vybrány různé výšky, které se měří od roviny země. Každá z těchto výšek je důležitá buď přímo, nebo pro následné vypočtení vzdáleností, které určují vzdálenosti přímek důležitých pro zhotovení konstrukcí oděvů. Tyto výšky vytvářejí linie rovnoběžné s rovinou země a jsou charakterizované anatomickým nebo antropometrickým bodem na lidské postavě, kterým prochází.

Při měření by každý proband měl stát ve vzpřímeném postavení, ve kterém hlava hledí přímo dopředu (jako při pohledu do dálky – důležité zejména při měření výšky postavy). Horní končetiny jsou připaženy a visí volně podél trupu. Dolní končetiny jsou natažené a stojí těsně vedle sebe tak, že u normální postavy (bez odchylky dolních končetin) dochází k dotýkání kolen a kotníků.

Všechny výškové rozměry byly měřené na ženských postavách pocházející z České republiky. Celkem bylo změřeno 30 probandů. Jednotlivé naměřené výšky byly zaznamenány v cm. Všechny jsou znázorněné na obrázku 45 a jsou následující:

- V1 výška postavy
- V2 výška 7. krčního obratle
- V3 výška předního krčního bodu
- V4 výška předního podpažního bodu
- V5 výška prsního bodu
- V6 výška konce hrudní kosti
- V7 výška nejnížší části posledního nepravého žebra
- V8 výška pasu
- V9 výška pupíku
- V10 výška rozkroku
- V11 výška k linii nad kolenem
- V12 výška kolene
- V13 výška k linii pod kolenem
- V14 výška ramene
- V15 výška lokte
- V16 výška zápěstního bodu na malíkové straně
- V17 výška ke konci nejdelšího prstu



Obrázek 20: Zobrazení měřených výšek na probandovi

Tyto výšky, jak již bylo řečeno, se měří od základní roviny země. Všechny jsou určené anatomickými a antropometrickými body a měří se dle ČSN 80 0090. Při určování bodů, které nejsou antropometrickými, bylo vycházeno z anatomie člověka (Zrzavý, 1977). Charakteristiky a způsoby měření jednotlivých výšek jsou:

### **V1 – výška postavy**

Měří se od základní roviny k temennímu bodu.

### **V2 – výška 7. Krčního obratle**

Měří se od základní roviny k vrcholu 7. krčního obratle

### **V3 – výška předního krčního bodu**

Měří se od základní roviny k přednímu krčnímu bodu, který leží na kořeni krku ve spojnici hlaviček klíčních kostí.

### **V4 – výška předního podpažního bodu**

Měří se od základní roviny k přednímu podpažnímu bodu, který je určen vrcholem úhlu, vytvořeného paží a boční stranou hrudníku v místě předního okraje podpaží.

### **V5 – výška prsního bodu**

Měří se od základní roviny k prsnímu bodu, který je určen středem prsní bradavky, u žen a dospívajících dívek oblečených v podprsence je charakterizován nejvystouplejším místem prsů.

### **V6 – výška konce hrudní kosti**

Měří se od základní roviny ke konci hrudní kosti v podobě mečovitého výběžku (nejčastěji v podobě žaludeční jamky umístěné těsně pod chrupavkovým spojem posledních pravých žeber s hrudní kostí).

### **V7 – výška nejnižší části posledního nepravého žebra**

Měří se od základní roviny ke spodní straně nejnižší části posledního nepravého žebra<sup>4</sup>. Toto místo se na lidské postavě v klasickém postoji poměrně špatně vyhledává. Při nadechnutí probanda je identifikace posledního nepravého žebra snadnější. Je to dáno tím, že žebra se při dýchání pohybují. Při nadechnutí se zvedají, hrudní koš se zvětšuje. Po vydechnutí se vracejí zpět. Proto bylo samotné měření prováděno po vydechnutí. Při měření bylo zjištěno, že některé probandky měly poslední nepravá

---

<sup>4</sup> Nepravá žebra se oproti pravým žebřům nepřipojují chrupavkami k hrudní kosti, ale k chrupavce žebra předcházejícího (Zrzavý, 1977).



žebra na každé straně v různé výšce. V takovém případě se změřilo žebro, které bylo umístěno níž.

#### **V8 – výška pasu**

Měří se od základní roviny ke spodnímu okraji těloměrné pásky v místě zadního pasového bodu, který leží vzadu ve středu pasu na páteři.

#### **V9 – výška pupíku**

Měří se od základní roviny ke středu pupíku.

#### **V10 – výška rozkroku**

Měří se od základní roviny k rozkroku (hrázi).

#### **V11 – výška nad kolenem**

Měří se od základní roviny k bodu ve středu linie nad kolenní česčkou.

#### **V12 – výška kolene**

Měří se od základní roviny ke kolennímu bodu, který je umístěn ve středu kolenní česčky.

#### **V13 – výška pod kolenem**

Měří se od základní roviny k bodu ve středu linie pod kolenní česčkou.

#### **V14 – výška ramene**

Měří se od základní roviny k ramennímu bodu, který je umístěn ve středu šířky ramenního kloubu

#### **V15 – výška lokte**

Měří se od základní roviny k loketnímu bodu, který je charakterizován jako horní bod hlavičky vřetenní kosti z vnější strany horní končetiny.

#### **V16 – výška zápěstního bodu na malíkové straně**

Měří se od základní roviny k zápěstnímu bodu na malíkové straně, který je charakterizován jako spodní bod na loketní kosti.

#### **V17 – výška ke konci nejdelšího prstu**

Měří se od základní roviny ke konci nejdelšího prstu. Prsty jsou při měření natažené.

#### **4.1.3 Přístroje a pomůcky využívané při měření**

##### **Antropometr**

Jedná se o skládací dvoumetrovou tyč, na které je vyznačená milimetrová stupnice. Tato tyč je opatřena jezdcem, do kterého se zasune příkládací rameno (je v kolmém postavení vůči měřicí tyči, rovnoběžně se základní rovinou). Toto rameno se přikládá ke zkoumaným bodům a u jezdce se odečte příslušná výška. Dvoumetrová tyč je postavená kolmo k základní rovině.

##### **Těloměrná páska**

Slouží k vyznačení pasové linie na trupu probanda.

#### **4.1.4 Základní pravidla měření**

Jednotlivé hodnoty přímých výškových rozměrů byly získávány subjektivním způsobem pomocí kontaktního způsobu měření. Správnost naměřených dat byla ovlivněna několika faktory, jako jsou například: správnost odečtení hodnoty z milimetrové stupnice, správnost stanovení měřeného bodu, správný postoj a dýchání probanda, aj. I opakované měření jednoho jedince by nevedlo k získání úplně stejných hodnot. Jednotlivé výšky jsou tedy veličinami, které obsahují kromě informací také chyby měření. Pro získání co nejmenšího množství chyb bylo nutné zajistit následující podmínky:

- Měření postav ve spodním oblečení.
- Měření na postavách bez obuvi.
- Na každém probandovi byl před začátkem měření vyznačen pas pomocí těloměrné pásky.
- Při měření byl každý proband požádán, aby zachoval správné postavení těla po celou dobu měření.
- Při měření nejnižší části nepravých žeber, byl každý proband požádán o nadechnutí, při kterém se tato část nejlépe vyhledává. Samotné měření se provádělo po vydechnutí. Při měření konce nejdelšího prstu byl proband požádán, aby natáhnul všechny prsty.

#### **4.1.5 Problematika vzniklá při měření probandů**

Při získávání statistických dat vznikala neochota ze strany probandů a to zřejmě z těchto důvodů:

- Příliš dlouhá délka měření (cca 10 minut).
- Stydlivost vzniklá z důvodu nutnosti svléknutí se do spodního prádla.
- Neochota spolupráce.

Naměřené výšky v centimetrech jednotlivých probandů jsou uvedené v příloze 3.

## 4.2 Vyhodnocení experimentu

Všechny systémy, které uplatňují zlatý řez v proporcionalitě lidského těla, jsou založené na členění výšky postavy v krajním a středním poměru. Vzniklé části Zeising opakovaně člení stejným způsobem, čímž vznikají menší a menší části. Tyto části jsou charakterizované antropometrickými a anatomickými body, jejichž výšky byly změřeny v tomto experimentu. Z výše uvedeného principu členění vyplývá, že každý nový vzniklý bod je závislý na výšce postavy. Dále by mělo platit pravidlo zlatého řezu, tedy že pokud nějaký rozměr rozdělím v krajním a středním poměru, bude se mít celek k delší části jako delší část k té kratší.

Proto se tato část diplomové práce zabývá ověřením závislosti naměřených výšek na výšce postavy a ověřením pravidla zlatého řezu mezi jednotlivými délkami pomocí statistické analýzy.

### 4.2.1 Ověření závislosti jednotlivých výšek na výšce postavy

V případě členění lidské postavy dle Zeisingova systému by s rostoucí výškou postavy měly růst i ostatní výškové rozměry (měla by platit přímá úměra). Typ závislosti se dá ověřit pomocí grafu a měla by být lineární.

Pro ověření a posouzení míry lineární závislosti, kdy k nějaké hodnotě  $x$  (výška postavy) platí právě jedno  $y$  (ostatní výškové rozměry), se využívá korelační koeficient, který se vypočítá dle vztahu (Rektorys, 1981):

$$\rho = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s_x \cdot s_y} \quad (3.1)$$

Kde  $\rho$  je korelační koeficient pohybující se v intervalu  $\langle -1; 1 \rangle$ , v bezrozměrných jednotkách a v případě, že je:

- $\rho > 0$  jedná se o pozitivní závislost, čím více se hodnota  $\rho$  blíží k 1, tím je závislost větší,
- $\rho = 0$  jedná se o data lineárně nezávislá,
- $\rho < 0$  jedná se o negativní závislost čím více se hodnota  $\rho$  blíží k -1, tím je závislost větší.

$\overline{xy}$  je aritmetický průměr hodnot ze všech součinů hodnot  $x$  a  $y$  [ cm<sup>2</sup>],

$\bar{x}$  je aritmetický průměr hodnot  $x$  [ cm],

$\bar{y}$  je aritmetický průměr hodnot  $y$  [ cm],  
 $s_x$  je směrodatná odchylka hodnot  $x$  [ cm],  
a  $s_y$  je směrodatná odchylka hodnot  $y$  [ mm].

Vzorce pro výpočet aritmetického průměru a směrodatnou odchylku jsou uvedené v kapitole 4.2.1.

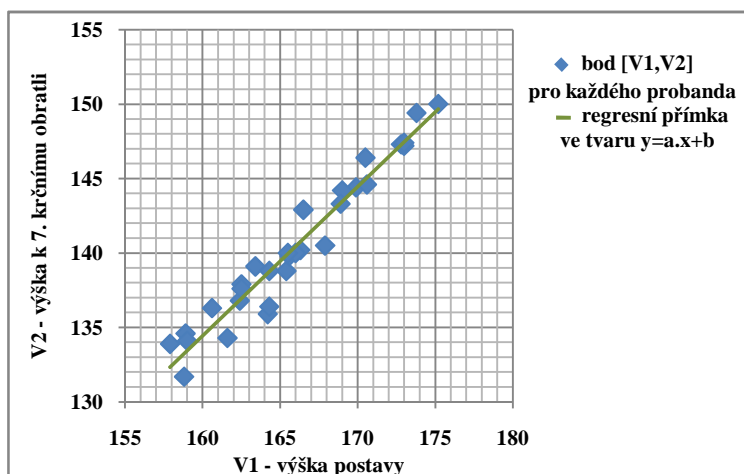
Jak již bylo řečeno, pro všechny naměřené výšky by měla platit závislost na výšce postavy. Tato závislost je jednostranná, tedy na nezávisle proměnných  $x$ , jsou závislé náhodné veličiny  $y$ . Pro objasnění závislosti  $y_i$  na  $x_i$  lze najít vyrovňující tzv. regresní přímku, která je pro lineární závislost ve tvaru:

$$y_i = a \cdot x_i + b \quad (3.2)$$

Kde  $y_i$  je posuzovaná výška každého probanda,  
 $x_i$  je výška postavy každého probanda,  
parametr  $a$  je směrnice přímky,  
parametr  $b$  je absolutní člen přímky,  
index  $i$  je číslo probanda.

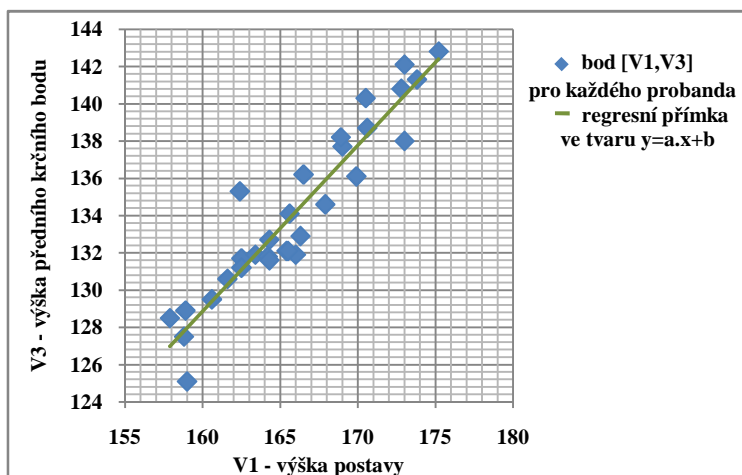
Rovnice přímky lze určit pomocí metody nejmenších čtverců (Rektorys, 1981).

Ověření lineární závislosti jednotlivých výšek na výšce postavy pomocí grafu, výpočtu korelačního koeficientu a výpočet rovnice regresní přímky bylo zhotoveno pro každý druh výšky vždy pro celý soubor (30 probandů). Při výpočtu jednotlivých parametrů bylo zaokrouhlováno na 3 desetinná místa.



Graf 1: Závislost výšky 7. Krčního obratle na výšce postavy

regresivní přímky (zelená přímka v grafu) moc neodchylují, což ověřuje i velikost korelačního koeficientu. Maximální odchýlený je proband 17. Toto odchýlení je je přibližně o -2,6 cm.



Graf 2: Závislost výšky předního krčního bodu na výšce postavy

obratle na výšce postavy. Tvar rovnice regresní přímky je  $y_i = 0,891x_i - 13,704$ , která je vidět v zelené barvě v grafu 2. I v grafu je skutečnost menšího korelačního koeficientu znatelná, neboť vzdálenosti některých bodů (odchylky) od regresní přímky jsou v porovnání s předchozím grafem větší. Vychylující jsou probandi 23 přibližně o -2,4 cm a proband 3 přibližně o -2,7 cm. Proband 6 má oproti ostatním probandům přední krční bod moc vysoko a to přibližně o 3,6 cm. U probandů 3 a 23 lze uvažovat o chybě vzniklé při měření, kdy například probandi nezůstali ve správném postoji a začali se hrbit, proto došlo ke snížení tohoto bodu nebo se jedná o odlišnost postav.

### Závislost výšky 7. krčního obratle (V2) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient  $\rho = 0,972$ , jedná se tedy o velmi silnou pozitivní lineární závislost.

Rovnice regresní přímky je  $y_i = 1,002x_i - 25,914$ .

Jak je vidět v grafu 1, jednotlivé body se od

### Závislost výšky předního krčního bodu (V3) na výšce postavy (V1)

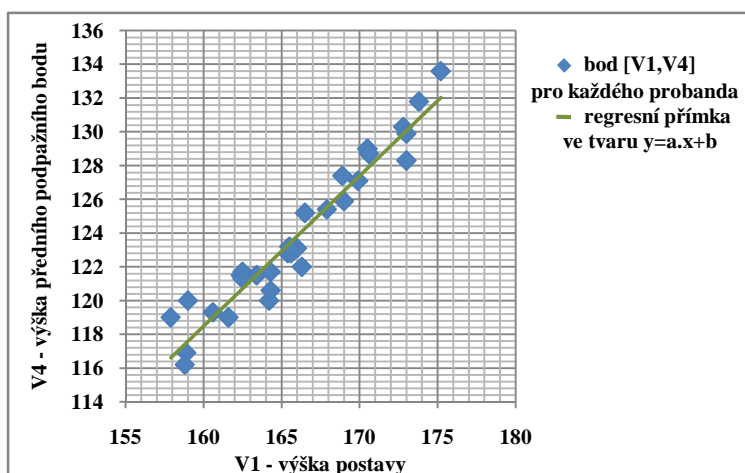
Korelační koeficient  $\rho = 0,943$ . Jedná se taktéž o velmi silnou pozitivní lineární závislost. Hodnota korelačního koeficientu je však poněkud menší než u závislosti výšky 7. krčního

### Závislost výšky předního podpažního bodu (V4) na výšce postavy (V1)

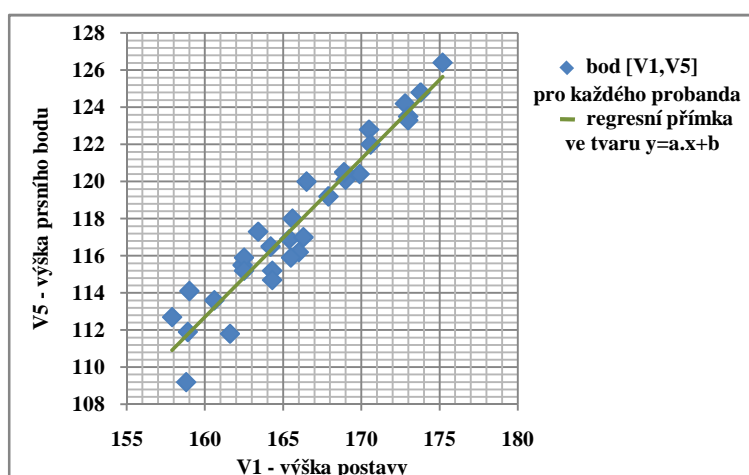
U této závislosti se korelační koeficient  $\rho = 0,964$ , tedy je o něco menší než u závislosti výšky 7. krčního obratle, ale větší než u závislosti výšky

předního krčního bodu na výšce postavy. I zde se

jedná o velmi silnou pozitivní lineární závislost. Rovnice regresní přímky, která je vyznačená zeleně v grafu 3, je ve tvaru  $y_i = 0,890x_i - 23,984$ . Nejvýrazněji odchýlení od regresní přímky jsou probandi 12 a 23, oba mají výšku podpažního bodu přibližně o 2 cm vyšší. Může to být způsobené špatným držením těla při měření této výšky, kdy probandi mírně zvedali a krčili ramena, například z důvodu nervozity, nebo se může jednat o chybu měření či o tvarové odlišnosti postav. Největší zápornou odchylku má proband 17 a to přibližně o 1,5 cm. Odchylky však nejsou nějak markantní.



Graf 3: Závislost výšky předního podpažního bodu na výšce postavy



Graf 4: Závislost výšky prsního bodu na výšce postavy

### Závislost výšky prsního bodu (V5) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient  $\rho = 0,961$ . Tato hodnota nám říká, že se jedná také o velmi silnou pozitivní lineární závislost. Hodnota korelačního koeficientu je větší než u závislosti předního krčního bodu, ale

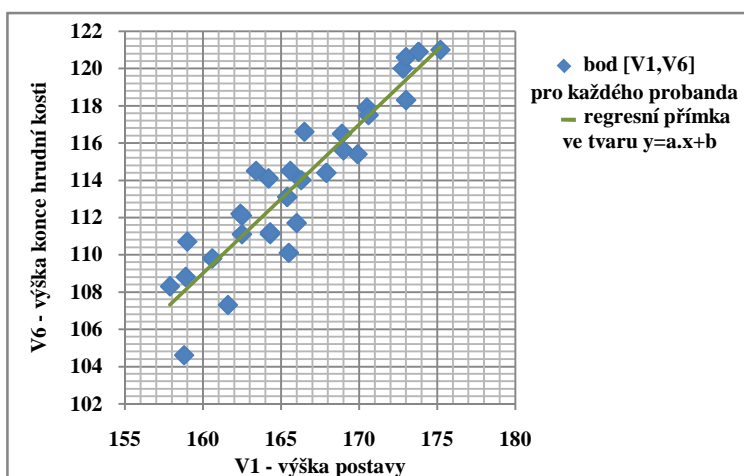
nepatrně nižší než u závislosti předního podpažního bodu na výšce postavy.

Regresní přímka vyznačená zelenou barvou v grafu 4 má rovnici ve tvaru  $y_i = 0,851x_i - 23,448$ . Některé body jsou od regresní přímky odchýlené až o  $\pm 3$

cm, což může být způsobené z důvodu měření ve spodním prádle, ve kterém se prsní bod určuje jako nejvyšší místo.

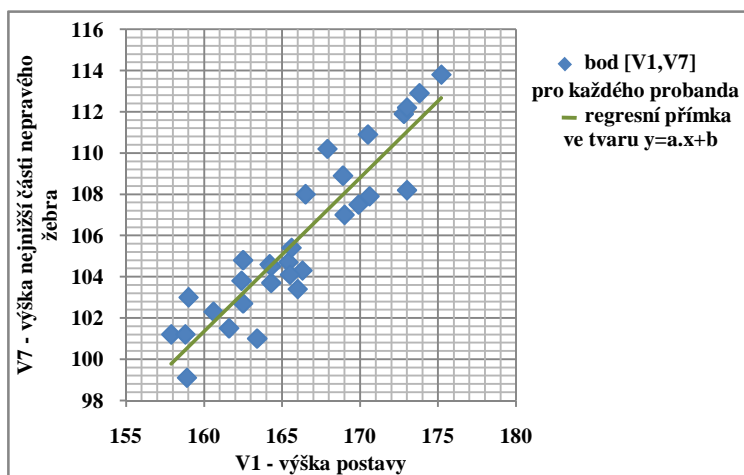
### Závislost výšky konce hrudní kosti (V6) na výšce postavy (V1)

U této závislosti se velikost korelačního koeficientu  $\rho = 0,924$ . Přesto, že se jeho velikost ve srovnání s předchozími závislostmi snižuje, stále se jedná o velmi silnou pozitivní lineární závislost.



Graf 5: Závislost výšky konce hrudní kosti na výšce postavy

Rovnice regresní přímky (v grafu 5 vyznačená zelenou barvou) je ve tvaru  $y_i = 0,798x_i - 18,707$ . Při pohledu na graf je patrné, že se od regresní přímky odchylují některé body a to dokonce až o  $\pm 3,5$  cm a to zejména směrem dolů. O tuto zápornou hodnotu je odchýlen proband 27. Maximální kladnou odchylku má proband 13 a to přibližně o 3 cm.



Graf 6: Závislost výšky nejnížší části nepravého žebra na výšce postavy

### Závislost výšky nejnížší části posledního nepravého žebra (V7) na výšce postavy (V1)

V této závislosti se korelační koeficient  $\rho = 0,920$ . Opět při porovnání s korelačními koeficienty předchozích závislostí došlo ke snížení.

Stále však velikost korelačního koeficientu ukazuje, že se jedná o velmi silnou pozitivní lineární závislost. Rovnice regresní přímky, která je znázorněná zelenou barvou v grafu 6, má tvar  $y_i = 0,745x_i - 17,860$ . Největší kladná odchylka od regresní přímky je u probanda

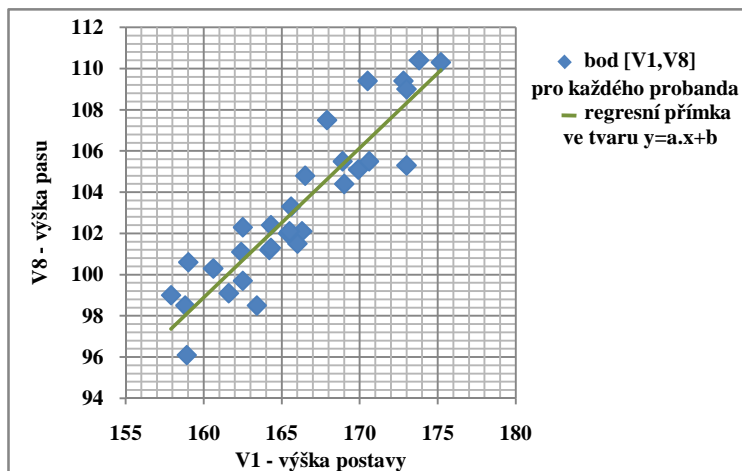


21 a to přibližně o 4,7 cm. Největší záporná odchylka je u probanda 13 a to přibližně o 3 cm.

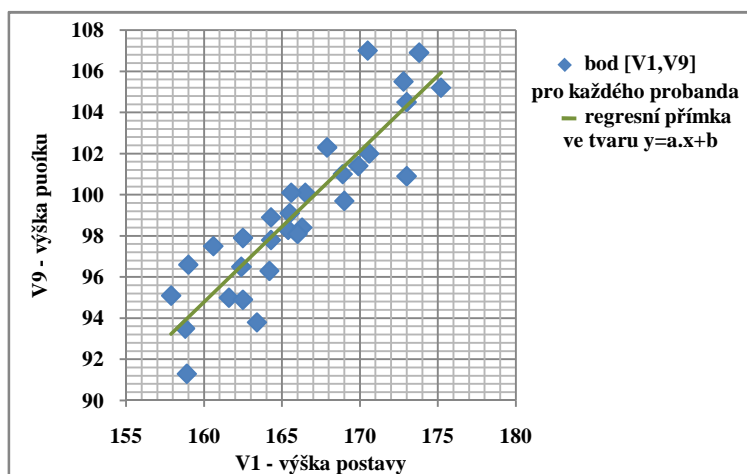
### Závislost výšky pasu (V8) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient této závislosti  $\rho = 0,917$ . Přesto že je velikost korelačního koeficientu opět menší, jedná se stále o velmi silnou pozitivní lineární závislost. Rovnice regresní přímky je ve tvaru

$y_i = 0,726x_i - 17,186$ . Přímka je vyznačená zelenou barvou v grafu 7. Kladné maximální odchýlení od regresní přímky je u probanda 15 a to přibližně o 2,9 cm. Záporné maximální odchýlení je u probanda 3 a to o 3,2 cm.



Graf 7: Závislost výšky pasu na výšce postavy



Graf 8: Závislost výšky pupíku na výšce postavy

### Závislost výšky pupíku (V9) na výšce postavy (V1)

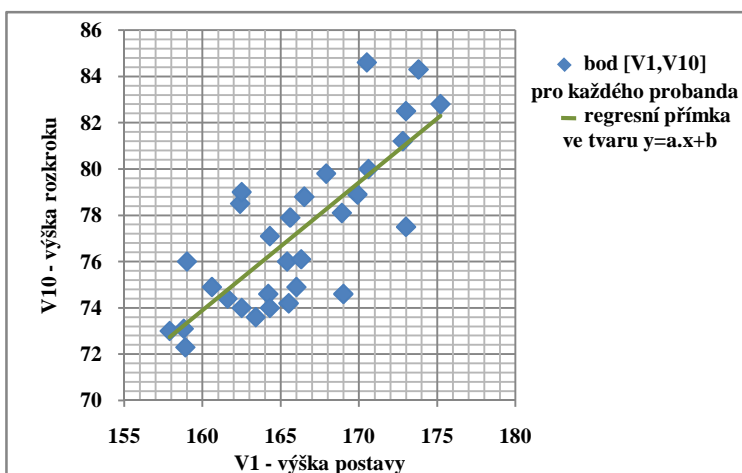
Korelační koeficient se u tohoto druhu závislosti  $\rho = 0,894$ . Velikost je opět oproti předchozí závislosti menší. Jedná se stále o velmi silnou pozitivní lineární závislost.

Rovnice regresní přímky,

kteřá je znázorněná zelenou barvou v grafu 8, je ve tvaru  $y_i = 0,734x_i - 22,680$ . Nejvíce odchýlený od regresní přímky je proband 15, jehož odchýlení je přibližně o 4,5 cm. Zápornou maximální odchylkou od regresní přímky je u probanda 3 a to přibližně o 3,3 cm.

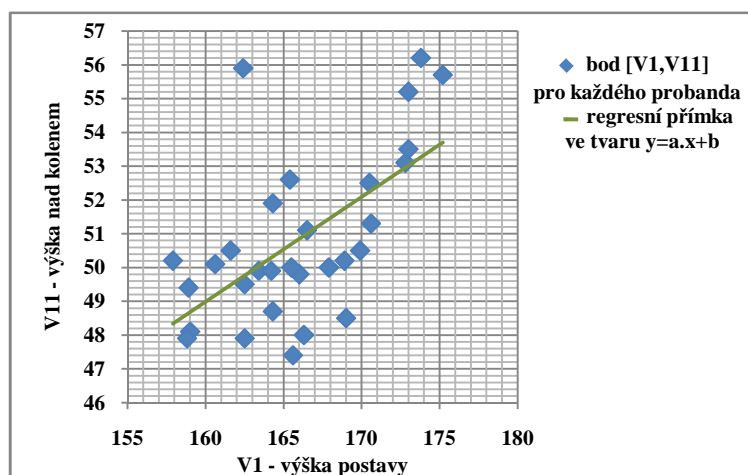
### Závislost výšky rozkroku (V10) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient této závislosti  $\rho = 0,781$ . Nadále dochází ke snižování jeho hodnoty. Stále se však jedná o silnou pozitivní lineární závislost. Regresní přímka, která je vyznačená



Graf 9: Závislost výšky rozkroku na výšce postavy

v grafu 9 zelenou barvou, má rovnici ve tvaru  $y_i = 0,552x_i - 14,494$ . Maximální kladná odchylka od regresní přímky je opět u probanda 15 a to přibližně o 4,7 cm. Maximální záporná odchylka je u probanda 26 a to přibližně o 4,3 cm.



Graf 10: Závislost výšky nad kolenem na výšce postavy

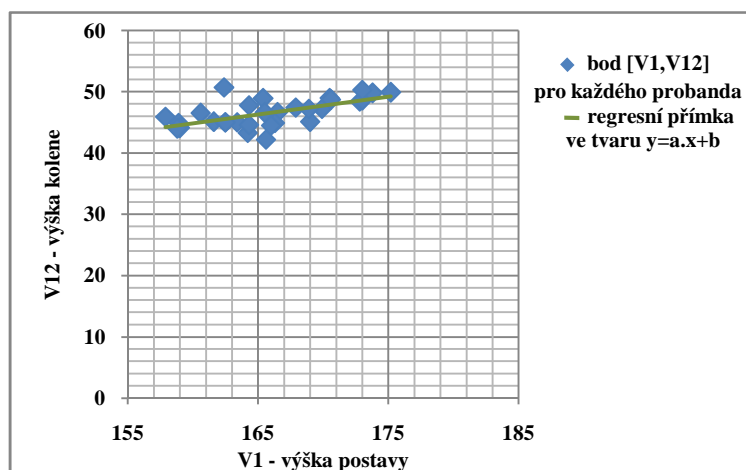
### Závislost výšky nad kolenem (V11) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient je  $\rho = 0,604$ . Hodnota korelačního koeficientu podstatně menší než u předchozích závislostí. U této závislosti se tedy jedná o pozitivní silnou lineární závislost.

Regresní přímka je vyznačená v grafu 10 zelenou barvou. Její rovnice je ve tvaru  $y_i = 0,310x_i - 0,569$ . Body jsou od regresní přímky poměrně hodně odchýlené. Maximální kladná odchylka je u probanda 6 a to přibližně o 6,4 cm. Maximální záporná odchylka je u probanda 18 a to přibližně o 4,1 cm. Odchylky obou probandů jsou výrazné.

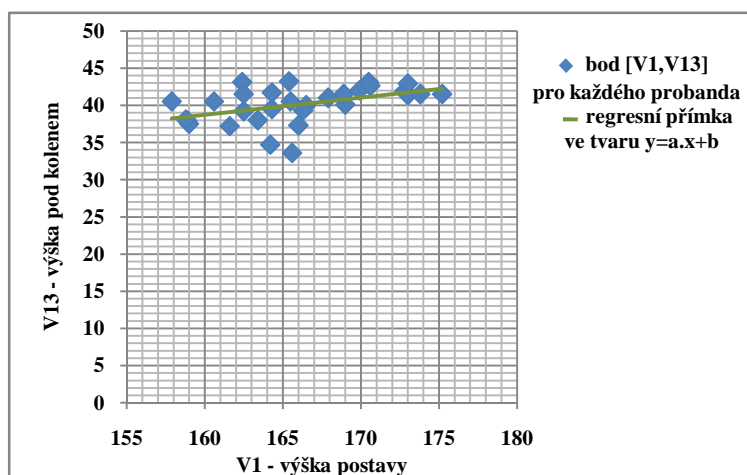
### Závislost výšky kolene (V12) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient u této závislosti  $\rho = 0,622$ . Jedná se tedy o silnou pozitivní lineární závislost. Regresní přímka, která je vyznačená v grafu 11 zelenou barvou, má tvar  $y_i = 0,288x_i - 1,242$ .



Graf 11: Závislost výšky kolene na výšce postavy.

Kladná maximální odchylka je u probanda 6 a to přibližně o 5,5 cm. Záporná maximální odchylka je u probanda 18 a to přibližně o 4,4 cm. Odchýlení jsou stejní probandi jako u předchozí závislosti.



Graf 12: Závislost výšky pod kolenem na výšce postavy

### Závislost výšky pod kolenem (V13) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient je u této závislosti  $\rho = 0,465$ . Což je nejnižší hodnota korelačního koeficientu v této analýze. Jedná se o střední pozitivní lineární závislost.

Rovnice regresní přímky,

která je zeleně vyznačená v grafu 12, je ve tvaru  $y_i = 0,232x_i - 1,512$ . Kladná maximální odchylka od regresní přímky je u probanda 6 a to přibližně o 3,9 cm. Maximální záporná odchylka je u probanda 18 a to přibližně o 6,4 cm. Odchylky obou probandů jsou velmi výrazné. I u této závislosti jsou odchýlení stejní probandi jako u předchozích 2 závislostí (všechny závislosti se týkají oblasti kolen).

### Závislost výšky ramene (V14) na výšce postavy V1)

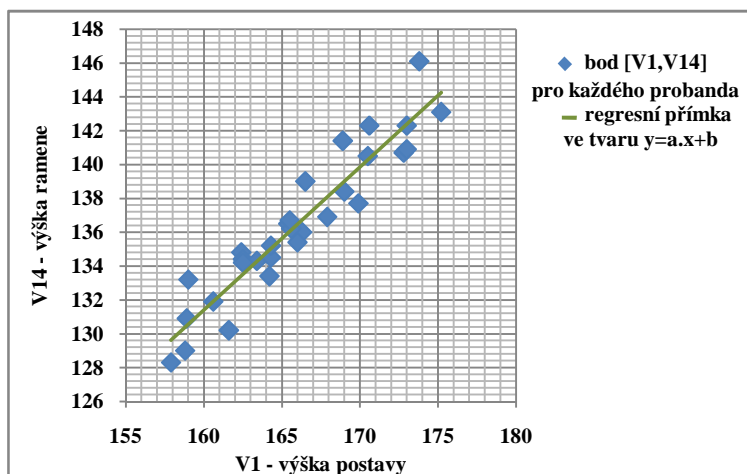
Korelační koeficient  $\rho = 0,943$ . Opět se jedná o pozitivní velmi silnou lineární závislost.

Rovnice regresní přímky, která je v grafu 13 vyznačená zelenou barvou,

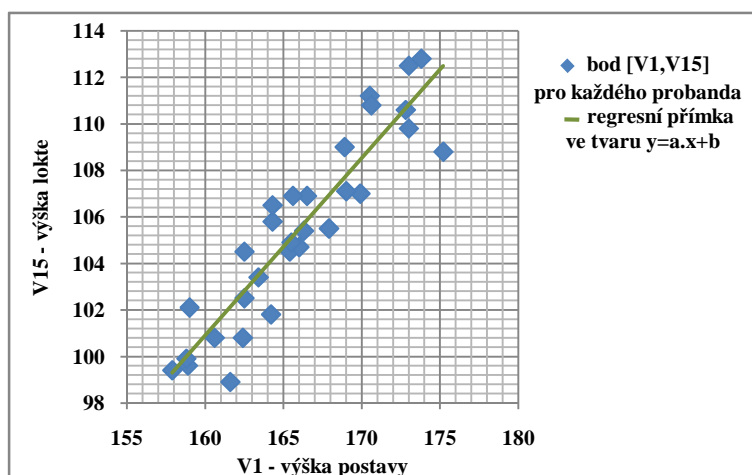
je ve tvaru  $y_i = 0,846x_i -$

**3,894**. Maximální kladná

odchylka je u probanda 10 a to přibližně o 3,1 cm. Maximální záporná odchylka je u probanda 8 a to přibližně o 3,3 cm.



Graf 13: Závislost výšky ramene na výšce postavy



Graf 14: Závislost výšky lokte na výšce postavy

### Závislost výšky lokte (V15) na výšce postavy (V1)

U této závislosti se korelační koeficient  $\rho = 0,918$ . Oproti předchozí závislosti došlo ke snížení hodnoty korelačního koeficientu.

Stále se však jedná o pozitivní velmi silnou

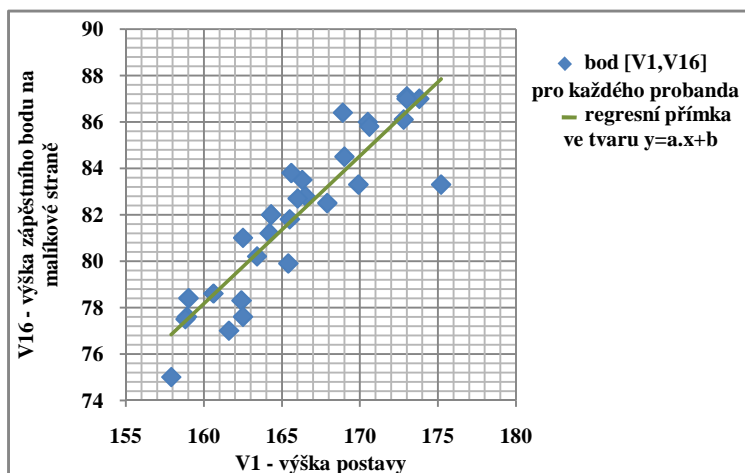
lineární závislost. Rovnice regresní přímky, která je zeleně znázorněná v grafu 14, je ve tvaru  $y_i = 0,762x_i - 21,028$ . Maximální kladná odchylka je u probanda 24 a to přibližně o 3,5 cm. Maximální záporná odchylka je u probanda 2 a to přibližně o 3,7.

### Závislost výšky zápěstního bodu na malíkové straně (V16) na výšce postavy (V1)

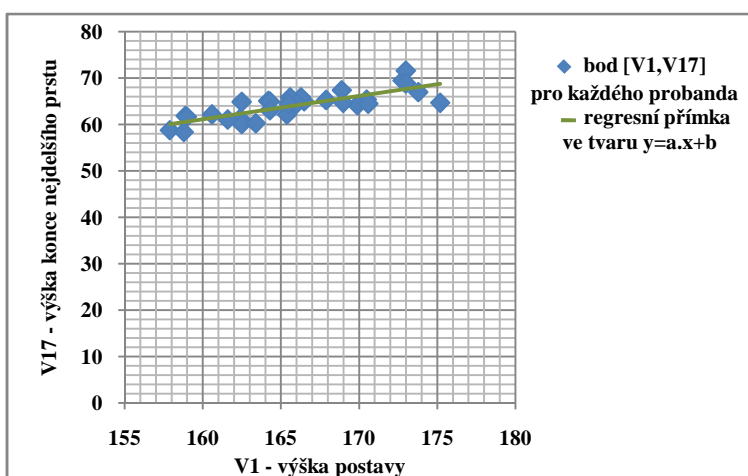
Korelační koeficient  $\rho = 0,905$ . I zde došlo k dalšímu snížení jeho hodnoty. Stále se jedná o velmi silnou pozitivní lineární závislost.

Rovnice regresní přímky, která je v grafu 15

znázorněna zelenou barvou, je ve tvaru  $y_i = 0,636x_i - 23,596$ . Maximální kladná odchylka je u probanda 29 a to přibližně o 2,9 cm. Maximální záporná odchylka je u probanda 2 a to přibližně o 4,2 cm.



Graf 15: Závislost výšky zápěstního bodu na malíkové straně na výšce postavy



Graf 16: Závislost výšky konce nejdelšího prstu na výšce postavy

### Závislost výšky konce nejdelšího prstu (V17) na výšce postavy (V1)

Korelační koeficient u této závislosti  $\rho = 0,799$ . I zde došlo ke snížení korelačního koeficientu. Jedná se tedy o silnou pozitivní lineární závislost.

Regresní přímka je znázorněná v grafu 16

zeleně a je ve tvaru  $y_i = 0,500x_i - 18,766$ . Maximální kladná odchylka od regresní přímky je u probanda 3 a je přibližně o 3,6 cm. Maximální záporná odchylka je opět u probanda 2 a je přibližně o 4,2 cm.

#### 4.2.2 Ověření pravidla zlatého řezu v členění lidské postavy

Z naměřených dat byly vypočtené vzdálenosti mezi jednotlivými výškami v centimetrech, pro které podle Zeisingového systému platí pravidlo zlatého řezu. Zlatý řez je v tomto systému proporce, ve které při poměřování délek jednotlivých částí těla vůči sobě nacházíme pravidlo ve velikosti  $\varphi$ . V tomto systému se jedná spíše o ideální proporci, jakýmsi průměrem mužů i žen dohromady. Ověření zlatého řezu v proporci lidského těla a porovnání výsledků u jednotlivých probandů je jedním z cílů této části DP. Níže jsou uvedené studie, ve kterých se u každého probanda vzájemně porovnávají 3 rozměry. Vždy se jedná o celkovou vzdálenost  $C$ , pro kterou by mělo platit rozdělení na delší část  $M$  (major) a kratší část  $m$  (minor). U většiny systémů, které využívají jako proporci pravidlo zlatého řezu, platí:

$$\frac{C}{M} = \frac{M}{m} = \varphi \quad (3.1)$$

Na základě výrazu 3.1 byly vypočtené poměry  $C/M$  a  $M/m$ , mezi kterými by mělo platit pravidlo zlatého řezu. Hodnoty  $C$ ,  $M$  a  $m$ , ze kterých se poměry vypočítávají, jsou vypočtené z naměřených výšek z přílohy 3. Následně je zhotovené statistické vyhodnocení poměrů  $C/M$  a  $M/m$  a to pro vzdálenosti mezi jednotlivými antropometrickými a anatomickými body i pro souhrnné porovnání mezi jednotlivými probandy.

Z naměřených výšek, které jsou označené a popsány v kapitole 4.1.2, byly nejprve vypočtené příslušné vzdálenosti a z nich sestavené tyto poměry:

- Poměr  $C1/M1$  – výška postavy měřené od základní roviny  $C1$  ku výšce pupíku měřené od základní roviny  $M1$  a poměr  $M1/m1$  – vzdálenost  $M1$  ku vzdálenosti od temene hlavy k pupíku  $m1$ .
- Poměr  $C2/M2$  – vzdálenost od temene hlavy k pupíku  $C2$  ku vzdálenosti od 7. krčního obratle k pupíku  $M2$  a poměr  $M2/m2$  – vzdálenost  $M2$  ku vzdálenosti od temene hlavy k 7. krčnímu obratli  $m2$ .
- Poměr  $C3/M3$  – vzdálenost od 7. krčního obratle k pupíku  $C3$  ku vzdálenosti od předního podpažního bodu k pupíku  $M3$  a poměr  $M3/m3$  – vzdálenost  $M3$  ku vzdálenosti od 7. krčního obratle k přednímu podpažnímu bodu  $m3$ .

- Poměr ***C4/M4*** – vzdálenost od předního podpažního bodu ke konci hrudní kosti *C4* ku vzdálenosti od předního podpažního bodu k prsnímu bodu *M4* a poměr ***M4/m4*** – vzdálenost *M4* ku vzdálenosti od prsního bodu ke konci hrudní kosti *m4*.
- Poměr ***C5/M5*** – vzdálenost od konce posledního nepravého žebra k pupíku *C4* ku vzdálenosti od pasu k pupíku *M5* a poměr ***M5/m5*** – vzdálenost *M5* ku vzdálenosti od konce posledního nepravého žebra k pasu *m5*.
- Poměr ***C6/M6*** – výška pupíku měřená od základní roviny *C6* ku vzdálenosti od pupíku k linii pod kolenem *M6* a poměr ***M6/m6*** – vzdálenost *M6* ku výšce k linii pod kolenem měřené od základní roviny *m6*.
- Poměr ***C7/M7*** – vzdálenost od pupíku k linii pod kolenem *C7* ku vzdálenosti od rozkroku k linii pod kolenem *M7* a poměr ***M7/m7*** – vzdálenost *M7* ku vzdálenosti od pupíku k rozkroku *m7*.
- Poměr ***C8/M8*** – vzdálenost od linie nad kolenem k linii pod kolenem *C8* ku vzdálenosti od středu kolenní česky k linii pod kolenem *M8* a poměr ***M8/m8*** – vzdálenost *M8* ku vzdálenosti od linie nad kolenem ke středu kolenní česky *m8*.
- Poměr ***C9/M9*** – vzdálenost od ramenního bodu ke konci nejdelšího prstu *C9* ku vzdálenosti od loketního bodu ke konci nejdelšího prstu *M9* a poměr ***M9/m9*** – vzdálenost *M9* ku vzdálenosti od ramenního bodu k loketnímu bodu *m9*.
- Poměr ***C10/M10*** – vzdálenost od loketního bodu ke konci nejdelšího prstu *C10* ku vzdálenosti od loketního bodu k zápěstnímu bodu na malíkové straně *M10* a poměr ***M10/m10*** – vzdálenost *M10* ku vzdálenosti od zápěstního bodu na malíkové straně ke konci nejdelšího prstu *m10*.

Statistické vyhodnocení bylo zhotoveno pomocí následujících statistických charakteristik (Rektorys, 1981):

- **Aritmetický průměr** – je nejčastěji využívaná charakteristika polohy a vypočítává se dle vzorce:

$$\bar{x} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} x_i \text{ [v měrných jednotkách]} \quad (3.2)$$

Kde  $x_i$  jsou jednotlivé poměry  $C/M$  a  $M/m$ .

- **Rozptyl** – udává, jakým způsobem kolísají data kolem průměrné hodnoty v měřených jednotkách na druhou. Vypočítá se dle vzorce:

$$s^2 = \frac{1}{30-1} \sum_{i=1}^{30} (x_i - \bar{x})^2 \quad [cm^2] \quad (3.3)$$

- **Směrodatná odchylka** – udává, jak se v průměru odchyľují jednotlivé hodnoty od aritmetického průměru. Směrodatná odchylka se vypočítá dle vzorce:

$$s = \sqrt{s^2} \quad [cm] \quad (3.4)$$

- **Variační koeficient** – je mírou tzv. relativní variability. Nejčastěji se uvádí v procentech a určuje, z kolika procent se podílí směrodatná odchylka na aritmetickém průměru. Variační koeficient se vypočítá dle vzorce:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad [\%] \quad (3.5)$$

- **Rozpětí** – charakterizované nejnižší hodnotou souboru  $R_{min}$  a nejvyšší hodnotou souboru  $R_{max}$ , tedy  $R_{min} - R_{max}$ . Tato charakteristika je jen orientační, velice přibližnou charakteristikou variability, neboť je velmi závislá na velikostech extrémních hodnot.
- **95% interval spolehlivosti** - je intervalový odhad zhotovený pro střední hodnotu souboru  $\mu$ , který říká, že střední hodnota leží v tomto intervalu s 95% pravděpodobností. Spočítá se dle vzorce:

$$95\%IS = \bar{x} \pm t_{0,025}(n-1) \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.6)$$

Kde  $t_{0,025}(n-1)$  je kvantil Studentova rozdělení pro danou hladinu významnosti



#### 4.2.2.1 Porovnání proporčních poměrů $C/M$ a $M/m$ zhotovené pro jednotlivé délky mezi antropometrickými a anatomickými body

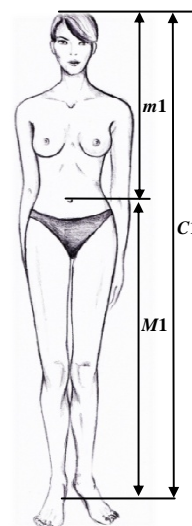
V této části jsou pro každého probanda vypočtené poměry délek  $C/M$  a  $M/m$  (v bezrozměrných jednotkách) mezi antropometrickými a anatomickými body. Tyto poměry jsou v Zeisingově systému rovny hodnotě  $\phi$ . Pro všechny soubory  $C/M$  a  $M/m$ , které jsou uvedené v tabulkách v příloze 4, jsou vypočítané statistické charakteristiky. Následně je zhotovené porovnání jednotlivých poměrů mezi jednotlivými probandy pomocí grafu, z nichž lze vyhodnotit i odchýlení poměrů od hodnoty zlatého řezu. Je důležité si uvědomit, že vzdálenosti  $M$  a  $m$  dohromady vytvářejí celek  $C$ . Když tedy první poměr  $C_i/M_i$  u některého probanda vyjde větší, poměr  $M_i/m_i$  bude logicky menší. Dále je důležité si uvědomit, že velikost některých poměrů ovlivňují již malé chyby (v mm) vzniklé při měření.

##### Poměr $C1/M1$ a poměr $M1/m1$

Rozměr  $C1$  je roven výšce postavy  $V1$  a rozměr  $M1$  je roven výšce pupíku  $V9$  (viz obrázek 46). Oba rozměry byly změřené přímo na postavě. Rozměr  $m1$  je vypočten jako rozdíl výšek  $V1-V9$ . Mezi těmito rozměry byly pro každého probanda vypočítané poměry  $C1/M1$  a  $M1/m1$ , jejichž statistické vyhodnocení je následující (viz tabulce 3):

Tabulka 1: Statistické vyhodnocení poměrů  $C1/M1$  a  $M1/m1$

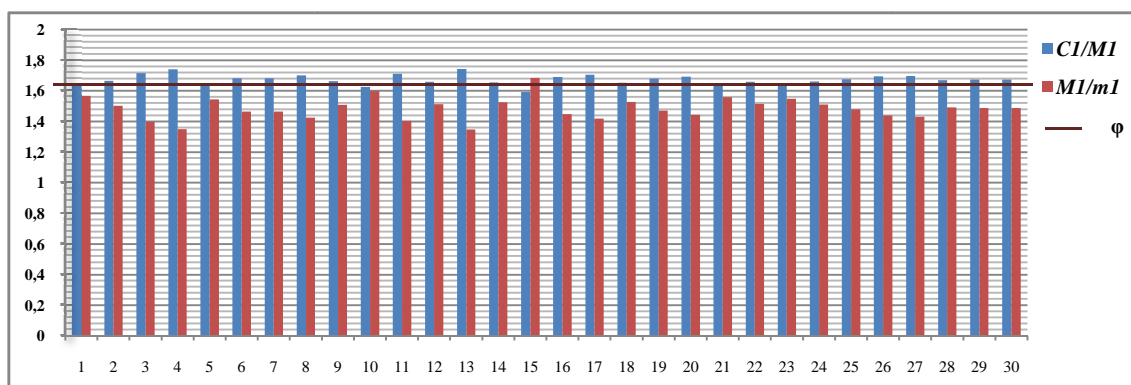
	$C1/M1$	$M1/m1$
$\bar{x}$	1,675	1,486
R	0,001	0,005
s	0,032	0,071
v	1,910	4,778
Rmin-Rmax	1,593-1,742	1,348-1,685
95% IS	(1,663 – 1,687)	(1,459 – 1,512)



Obrázek 21: Vyznačení délek  $C1$ ,  $M1$  a  $m1$  na lidské postavě.

Porovnání poměrů  $C1/M1$  a  $M1/m1$  jednotlivých probandů se zlatým řezem vyjadřuje grafu 17.

Při pohledu na tento graf je zřejmé, že u žádného probanda umístění pupíku nečlení výšku postavy přesně ve zlatém řezu. Převážná většina probandů (kromě probanda 15) má poměr  $C1/M1$  nad hodnotou  $\phi$ , u poměru  $M1/m1$  pod hodnotou  $\phi$ . Z toho plyne, že velikost  $M1$  je u většiny probandů kratší.



Graf 17: Porovnání poměrů  $C1/M1$  a  $M1/m1$  (osa y) jednotlivých probandů (osa x) s  $\varphi$

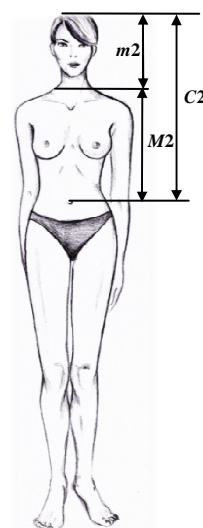
Prvním extrémem je proband 13, jehož odchýlení od zlatého řezu je u poměru  $C1/M1$  o 0,124, u poměru  $M1/m1$  je odchýlení o -0,27. K tomu, aby platilo pravidlo zlatého řezu, tedy  $C1/M1 = M1/m1 = \varphi$ , by se rozměr  $M1$  musel zvětšit a rozměr  $m1$  by se musel zmenšit přibližně o 7,189 cm. Přesto, že se jedná o velikou odchylku, při porovnání s ostatními probandy je zřejmé, že se nejedná o chybu měření (například proband 4 by musel pro platnost pravidla zlatého řezu zvětšit  $M1$  a zmenšit  $m1$  přibližně o 6,908 cm). Druhým extrémem je proband 15. Odchýlení od  $\varphi$  je u poměru  $C1/M1$  o 0,025, u poměru  $M1/m1$  o 0,067. K tomu, aby zde platilo pravidlo zlatého řezu by se rozměr  $M1$  musel zmenšit a rozměr  $m1$  musel zvětšit přibližně o 1,623 cm. Tento rozměr není nikterak výrazný.

### Poměr $C2/M2$ a poměr $M2/m2$

Rozměr  $C2$  je roven rozměru, který vznikne odečtením výšky pupíku  $V9$  od výšky postavy  $V1$ . Rozměr  $m2$  je rozdílem mezi výškou postavy  $V1$  a výškou 7. krčního obratle  $V2$ . Rozměr  $M2$  je rozdílem mezi výškou  $V2$  a výškou  $V9$  (neboli rozdíl  $C2$  a  $m2$ ). Rozměry jsou zobrazené na obrázku 47. Z těchto rozměrů byly pro každého probanda vypočítané poměry  $C2/M2$  a  $M2/m2$ . Statistické vyhodnocení těchto poměrů je uvedeno v tabulce 4.

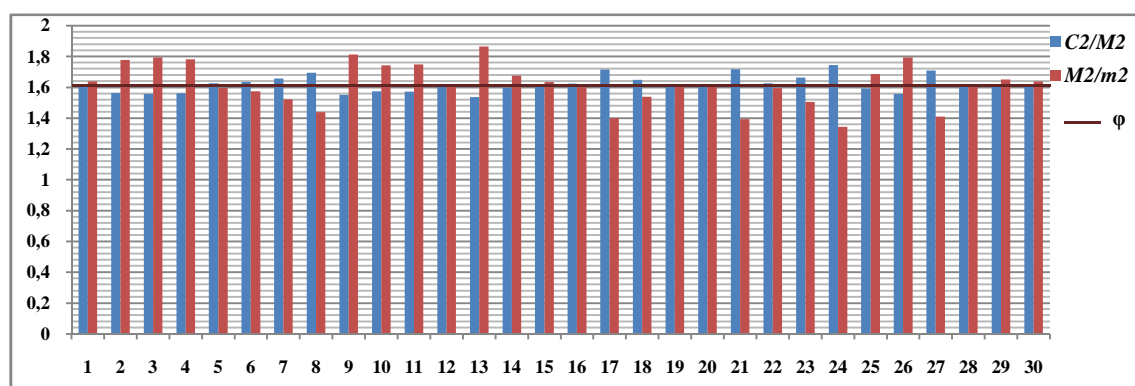
Tabulka 2: Statistické vyhodnocení poměrů  $C2/M2$  a  $M2/m2$

	$C2/M2$	$M2/m2$
$\bar{x}$	1,622	1,620
R	0,003	0,018
s	0,054	0,136
v	3,329	8,395
Rmin-Rmax	1,536-1,744	1,344-1,864
95% IS	(1,602 – 1,642)	(1,569 – 1,671)



Obrázek 22: Vyznačení délek  $C2$ ,  $M2$  a  $m2$  na lidské postavě

Aritmetické průměry obou poměrů se nejvíce z celého experimentu blíží ke zlatému řezu. Porovnání poměrů  $C2/M2$  a  $M2/m2$  s hodnotou  $\varphi$  je vyjádřeno pomocí grafu 18.



Graf 18: Porovnání poměrů  $C2/M2$  a  $M2/m2$  jednotlivých probandů (osa x) s  $\varphi$

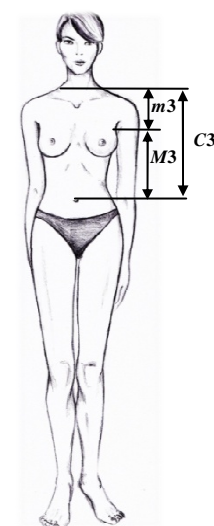
Prvním extrémem je proband 24, jehož odchýlení od zlatého čísla u poměru  $C2/M2$  je 0,126 a u poměru  $M2/m2$  je odchýlení o -0,274. K tomu, aby platilo pravidlo zlatého řezu, tedy  $C2/M2 = M2/m2 = \varphi$  by se rozměr  $M2$  musel zvětšit a rozměr  $m2$  zmenšit přibližně o 2,92 cm. Druhým extrémem je proband 13, jehož odchýlení od zlatého čísla u poměru  $C2/M2$  je -0,082 a u poměru  $M2/m2$  je odchýlení o 0,245. K tomu aby zde platilo pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M2$  musel zmenšit a rozměr  $m2$  musel zvětšit přibližně o 2,284 cm.

### Poměr $C3/M3$ a poměr $M3/m3$

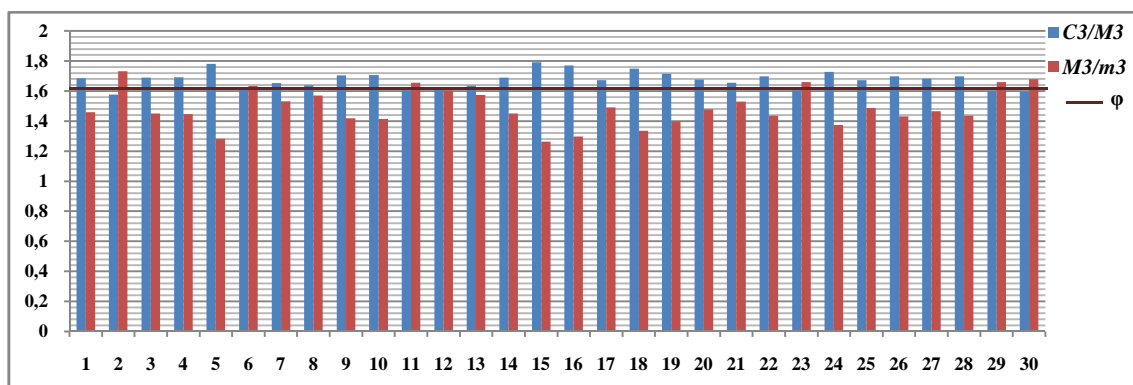
Rozměr  $C3$  je roven rozměru, který se vypočítá jako rozdíl výšky 7. krčního obratle  $V2$  a výšky pupíku  $V9$ . Rozměr  $M3$  je vypočítán jako rozdíl výšky předního podpažního bodu  $V4$  a výšky pupíku  $V9$ . Rozměr  $m3$  odpovídá rozdílu rozměrů  $C3$  a  $M3$  (což je rozdíl výšek  $V2$  a  $V4$ ). Z rozměrů  $C3$ ,  $M3$  a  $m3$ , které jsou vidět na obrázku 48, byly pro každého probanda vypočítané poměry  $C3/M3$  a  $M3/m3$ . Jejich statistické vyhodnocení je uvedeno v tabulce 5.

Tabulka 3: Statistické vyhodnocení poměrů  $C3/M3$  a  $M3/m3$

	$C3/M3$	$M3/m3$
$\bar{x}$	1,676	1,488
R	0,003	0,015
s	0,056	0,122
v	3,341	8,199
Rmin-Rmax	1,577-1,791	1,264-1,732
95% IS	(1,655 – 1,697)	(1,442 – 1,534)



Obrázek 23: Vyznačení délek  $C3$ ,  $M3$  a  $m3$  na lidské postavě



Graf 19: Porovnání poměrů  $C3/M3$  a  $M3/m3$  jednotlivých probandů (osa x) s  $\phi$

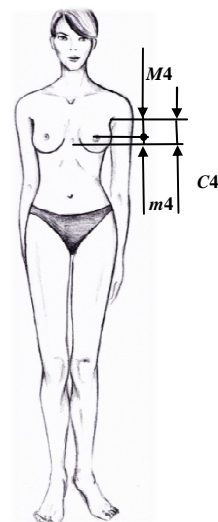
V grafu 18 je vidět porovnání poměrů  $C3/M3$  a  $M3/m3$  s hodnotou zlatého řezu. Nejvíce odchýlení od zlatého řezu jsou probandi 15 a 2. U probanda 15 se poměr  $C3/M3$  odchyluje od zlatého řezu o 0,173, u poměr  $M3/m3$  je u odchýlení o -0,354. K tomu, aby platilo u tohoto probanda pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M3$  musel zvětšit a rozměr  $m3$  zmenšit přibližně o 2,351 cm. U probanda 2 se poměr  $C3/M3$  odchyluje od hodnoty zlatého řezu o -0,041, poměr  $M3/m3$  je oproti hodnotě  $\phi$  větší o 0,114. K tomu, aby bylo i u tohoto probanda zachováno pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M3$  musel zmenšit a rozměr  $m3$  zvětšit přibližně o 0,711 cm Tato hodnota je však nepatrná.

### Poměr $C4/M4$ a poměr $M4/m4$

Rozměr  $C4$  je roven rozdílu výšky předního podpažního bodu  $V4$  a výšky konce hrudní kosti  $V6$ . Rozměr  $M4$  je roven rozdílu výšky  $V4$  a výšky prsního bodu  $V5$ . Rozměr  $m4$  je roven rozdílu  $C4$  a  $M4$  (tedy výšek  $V5$  a  $V6$ ). Z rozměrů  $C4$ ,  $M4$  a  $m4$ , které jsou znázorněné na obrázku 49, byly pro každého probanda sestavené poměry  $C4/M4$  a  $M4/m4$ . Statistické vyhodnocení těchto poměrů je uvedeno v tabulce 6..

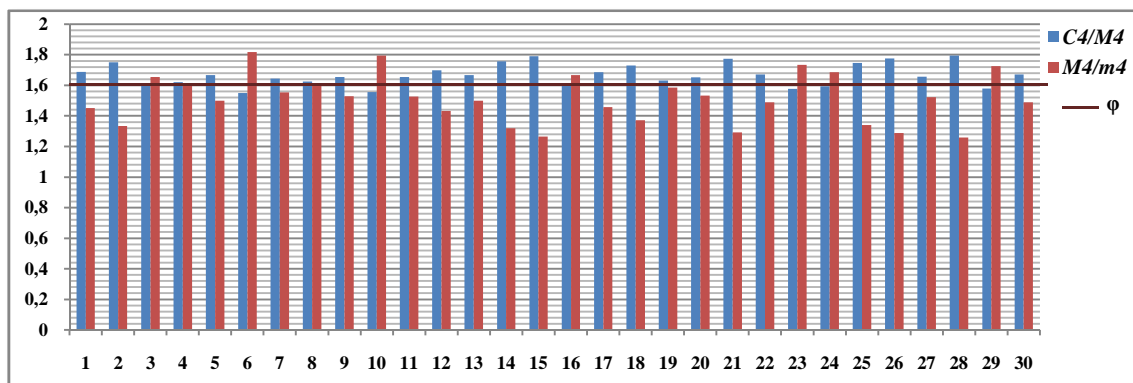
Tabulka 4: Statistické vyhodnocení poměrů  $C4/M4$  a  $M4/m4$

	$C4/M4$	$M4/m4$
$\bar{x}$	1,669	1,511
R	0,005	0,025
s	0,07	0,158
v	4,194	10,457
Rmin-Rmax	1,550-1,795	1,259-1,818
95% IS	(1,643 – 1,695)	(1,452 – 1,570)



Obrázek 24: Vyznačení délek  $C4$ ,  $M4$  a  $m4$  na lidské postavě

Porovnání poměrů  $C4/M4$  a  $M4/m4$  jednotlivých probandů s hodnotou  $\varphi$  je znázorněné pomocí grafu 20.



Graf 20: Porovnání poměrů  $C4/M4$  a  $M4/m4$  jednotlivých probandů (osa x) s  $\varphi$

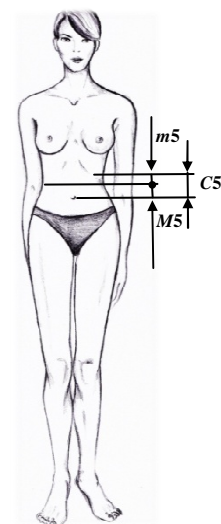
Maximální odchýlení od  $\varphi$  je u probandů 28 a 6. Proband 28 se u poměru  $C4/M4$  od hodnoty zlatého řezu odchyluje o 0,177, u poměru  $M4/m4$  o -0,359. K tomu, aby u tohoto probanda platilo pravidlo zlatého řezu ( $C4/M4=M4/m4=\varphi$ ), by se rozměr  $M4$  musel zvětšit a rozměr  $m4$  musel zmenšit přibližně o 0,796 cm. Proband 6 se u poměru  $C4/M4$  odchyluje od hodnoty  $\varphi$  o -0,068 a u poměru  $M4/m4$  se odchyluje o 0,2. K tomu, aby u tohoto probanda při porovnávání těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M4$  musel zmenšit a rozměr  $m4$  musel zvětšit přibližně o 0,25 cm. Tyto hodnoty u obou probandů jsou nepatrné.

### Poměr $C5/M5$ a poměr $M5/m5$

Rozměr  $C5$  je roven rozdílu výšky nejnižší části posledního nepravého žebra  $V7$  a výšky pupíku  $V9$ . Rozměr  $M5$  je roven rozdílu výšky pasu  $V8$  a výšky  $V9$ . Rozměr  $m5$  je roven rozdílu  $C5$  a  $M5$  (tedy rozdíl  $V7$  a  $V8$ ). Jednotlivé rozměry jsou vidět na obrázku 50. Z rozměrů  $C5$ ,  $M5$  a  $m5$  byly sestavené pro každého probanda poměry  $C5/M5$  a  $M5/m5$ . Jejich statistické vyhodnocení je uvedeno v tabulce 7.

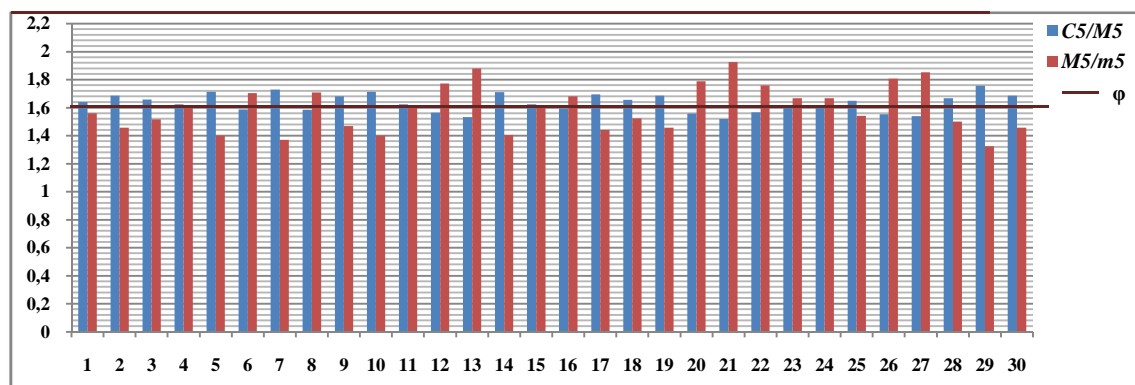
Tabulka 5: Statistické vyhodnocení poměrů  $C5/M5$  a  $M5/m5$

	$C5/M5$	$M5/m5$
$\bar{x}$	1,634	1,595
R	0,004	0,027
s	0,065	0,166
V	3,978	10,408
Rmin-Rmax	1,519-1,756	1,324-1,926
95% IS	(1,610 – 1,658)	(1,533 – 1,657)



Obrázek 25: Vyznačení délek  $C5$ ,  $M5$  a  $m5$  na lidské postavě

Aritmetický průměr těchto poměrů je velmi blízký hodnotě zlatého řezu. Porovnání poměrů těchto poměrů u jednotlivých probandů s hodnotou  $\varphi$  ukazuje grafu 21.



Graf 21: Porovnání poměrů  $C5/M5$  a  $M5/m5$  jednotlivých probandů (osa x) s  $\varphi$

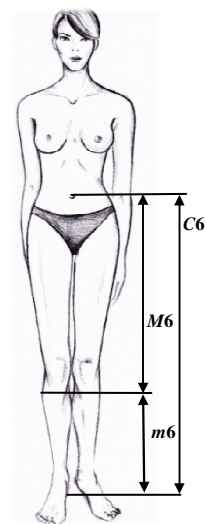
Nejvíce odchýlení od zlatého řezu jsou probandi 29 a 21. Proband 29 je u poměru  $C5/M5$  odchýlen o 0,133, u poměru  $M5/m5$  o -0,294. K tomu, aby u těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M5$  musel zvětšit a  $m5$  musela snížit přibližně o 0,383 cm. U probanda 21 se poměr  $C5/M5$  od  $\varphi$  odchyluje o -0,099, u poměru  $M5/m5$  o 0,308. K tomu, aby platilo pravidlo zlatého řezu ( $C5/M5 = M5/m5 = \varphi$ ), by se hodnota  $M5$  musela snížit a hodnota  $m5$  zvýšit přibližně o 0,317 cm. Obě hodnoty jsou minimální, ale bohužel u těchto poměrů i malá odchylka vytváří veliké rozdíly. Ve výsledné konstrukci by však odchýlení 4 mm od pasové linie nebylo významné.

### Poměr $C6/M6$ a poměr $M6/m6$

Rozměr  $C6$  je roven výšce pupíku  $V9$ , která byla změřena přímo na postavě. Rozměr  $M6$  je roven rozdílu výšky  $V9$  a výšky k linii pod kolenem  $V13$ . Rozměr  $m6$  je roven výšce  $V13$  (tedy rozdílu  $C6$  a  $M6$ ). Rozměry  $C6$ ,  $M6$  a  $m6$  jsou znázorněné na obrázku 51. Z těchto rozměrů byly pro každého probanda zhotovené poměry  $C6/M6$  a  $M6/m6$ . Jejich statistické vyhodnocení je uvedené v tabulce 8.

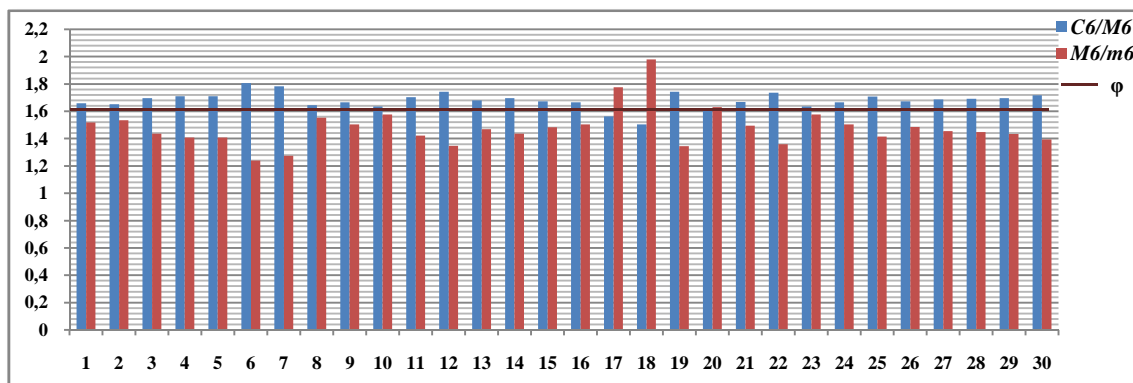
Tabulka 6: Statistické vyhodnocení poměrů  $C6/M6$  a  $M6/m6$

	$C6/M6$	$M6/m6$
$\bar{x}$	1,681	1,480
R	0,003	0,020
s	0,059	0,140
v	3,510	9,459
Rmin-Rmax	1,505-1,807	1,239-1,979
95% IS	(1,659 – 1,703)	(1,428 – 1,532)



Obrázek 26: Vyznačení délek  $C6$ ,  $M6$  a  $m6$  na lidské postavě

Poměry  $C6/M6$  a  $M6/m6$  jsou pro každého probanda vyobrazené pro porovnání s hodnotou  $\varphi$  pomocí grafu 22.

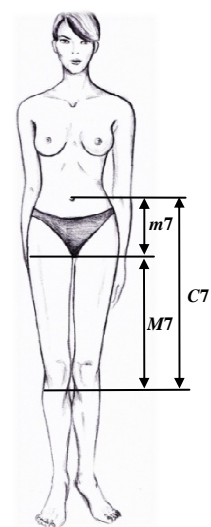


Graf 22: Porovnání poměrů  $C6/M6$  a  $M6/m6$  jednotlivých probandů (osa x) s  $\varphi$

Nejvíce odchýlení od hodnoty zlatého řezu jsou probandi 6 a 18. Proband 6 se u poměru  $C6/M6$  odchyluje od zlatého řezu o 0,189, u poměru  $M6/m6$  o -0,379. K tomu aby platilo pravidlo zlatého řezu ( $C6/M6 = M6/m6 = \varphi$ ) by se rozměr  $M6$  musel zvětšit a rozměr  $m6$  musel zmenšit přibližně o 6,242 cm. U probanda 18 je odchýlení u poměru  $C6/M6$  od zlatého řezu o -0,113, u poměru  $M6/m6$  o 0,361. K tomu, aby u těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M6$  musela zmenšit a rozměr  $m6$  musel zvětšit přibližně o 4,633 cm. Obě hodnoty jsou velmi výrazné.

### Poměr $C7/M7$ a poměr $M7/m7$

Rozměr  $C7$  je roven rozdílu výšky pupíku  $V9$  a výšky k linii pod kolenem  $V13$ . Rozměr  $M7$  je roven rozdílu výšky rozkroku  $V10$  a výšky  $V13$ . Rozměr  $m7$  je roven rozdílu  $C7$  a  $M7$  (což je rozdíl výšek  $V9$  a  $V10$ ). Jednotlivé rozměry jsou zobrazené na obrázku 52. Z rozměrů  $C7$ ,  $M7$  a  $m7$  byly sestavené pro každého probanda poměry  $C7/M7$  a  $M7/m7$ . Jejich statistické vyhodnocení je vidět v tabulce 9.



Obrázek 27: Vyznačení délek  $C7$ ,  $M7$  a  $m7$  na lidské postavě

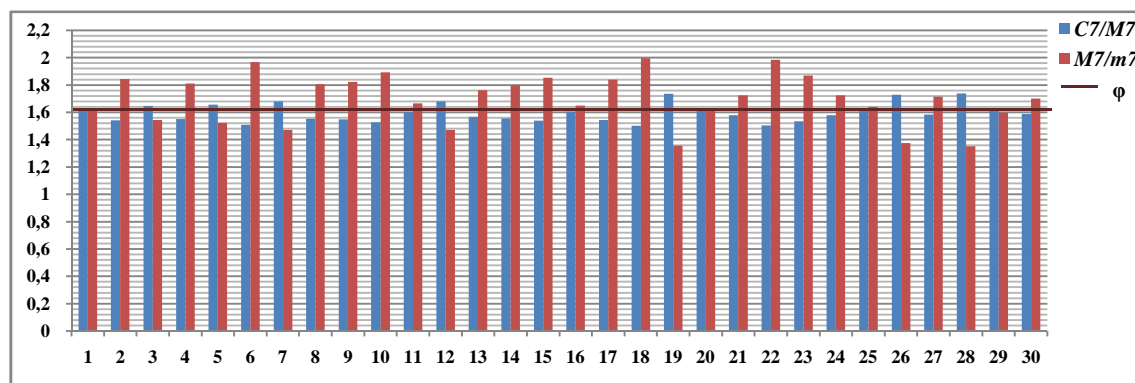
Tabulka 7: Statistické vyhodnocení poměrů  $C7/M7$  a  $M7/m7$

	$C7/M7$	$M7/m7$
$\bar{x}$	1,595	1,700
R	0,005	0,033
s	0,067	0,182
v	4,200	10,706
Rmin-Rmax	1,501-1,739	1,353-1,995
95% IS	$\langle 1,570 - 1,620 \rangle$	$\langle 1,632 - 1,768 \rangle$

Při porovnání statistických údajů poměrů  $C7/M7$  s ostatními poměry  $C_i/M_i$ , je hodnota aritmetického průměru nejmenší. Většina probandů má tento poměr pod



hodnotou  $\phi$ , tudíž rozměr  $M7$  moc dlouhý a proto zlatý řez nevychází. Porovnání poměrů  $C7/M7$  a  $M7/m7$  u jednotlivých probandů s hodnotou zlatého řezu  $\phi$  je znázorněné v grafu 23.



Graf 23: Porovnání poměrů  $C7/M7$  a  $M7/m7$  (osa y) u jednotlivých probandů (osa x) s  $\phi$

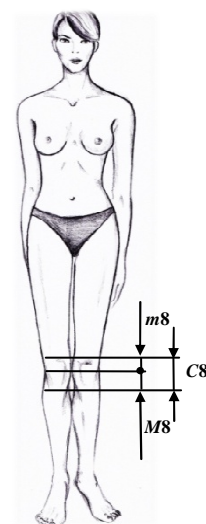
Maximálně odchýlení jsou probandi 28 a 18. Proband 28 je u poměru  $C7/M7$  odchýlen od  $\phi$  o 0,121, u poměru  $M7/m7$  o -0,265. K tomu, aby platilo mezi těmito poměry pravidlo zlatého řezu by se rozměr  $M7$  musel zvýšit a rozměr  $m7$  musel snížit přibližně o 2,518 cm. Proband 18 má odchýlení u poměru  $C7/M7$  o -0,117, u poměru  $M7/m7$  o 0,377. K tomu, aby i zde platilo pravidlo zlatého řezu by se rozměr  $M7$  musel zmenšit a rozměr  $m7$  musel zvětšit přibližně o 3,2 cm.

### Poměr $C8/M8$ a poměr $M8/m8$

Rozměr  $C8$  je roven rozdílu výšky k linii nad kolenem  $V11$  a výšky k linii pod kolenem  $V13$ . Rozměr  $M8$  je charakterizován jako rozdíl výšky kolene  $V12$  a výšky  $V13$ . Rozměr  $m8$  je roven rozdílu  $C8$  a  $M8$  (tedy rozdílu výšek  $V11$  a  $V12$ ). Jednotlivé rozměry jsou vidět na obrázku 53. Z těchto rozměrů byly pro každého probanda vypočtené poměry  $C8/M8$  a  $M8/m8$ , jejichž statistické vyhodnocení je vidět v tabulce 10.

Tabulka 8: Statistické vyhodnocení poměrů  $C8/M8$  a  $M8/m8$

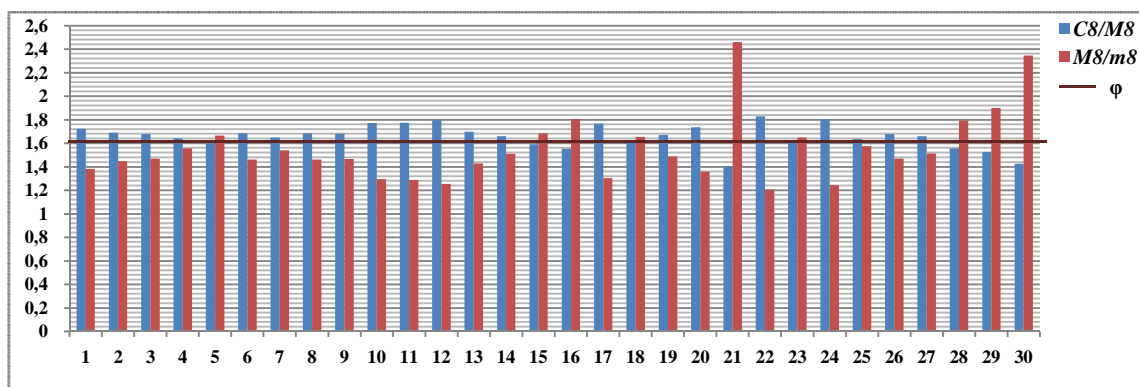
	$C8/M8$	$M8/m8$
$\bar{x}$	1,660	1,556
R	0,010	0,082
s	0,101	0,287
v	6,084	18,445
Rmin-Rmax	1,406-1,829	1,207-2,462
95% IS	$\langle 1,622 - 1,698 \rangle$	$\langle 1,449 - 1,663 \rangle$



Obrázek 28: Vyznačení délek  $C8$ ,  $M8$  a  $m8$  na lidské postavě

Porovnání poměrů  $C8/M8$  a  $M8/m8$  s hodnotou  $\phi$  je zhotovené pomocí grafu 24.



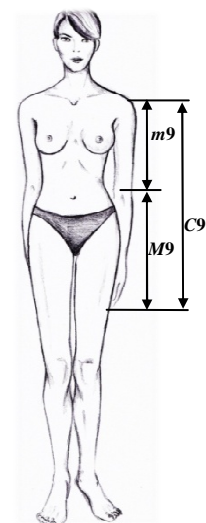


Graf 24: Porovnání poměrů C8/M8 a M8/m8 (osa y) jednotlivých probandů s  $\varphi$

Maximálně odchýlení jsou probandi 22 a 21. Proband 22 je u poměru  $C8/M8$  od hodnoty  $\varphi$  odchýlen o 0,211, u poměru  $M8/m8$  o -0,411. K tomu, aby u těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu ( $C8/M8=M8/m8=\varphi$ ) by se rozměr  $M8$  musel zvětšit a rozměr  $m8$  musel zmenšit přibližně o 0,456 cm. U probanda 21 je odchýlení u poměr  $C8/M8$  o -0,212, u poměru  $M8/m8$  o 0,844. K tomu, aby u těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu by se rozměr  $M8$  musela zmenšit a rozměr  $m8$  musel zvětšit přibližně o 0,838 cm. Obě hodnoty jsou minimální.

### Poměr $C9/M9$ a poměr $M9/m9$

Rozměr  $C9$  je roven rozdílu výšky ramene  $V14$  a výšky ke konci nejdelšího prstu  $V17$ . Rozměr  $M9$  je roven rozdílu výšky lokte  $V15$  a výšky  $V17$ . Rozměr  $m9$  je roven rozdílu  $C9$  a  $M9$  (je roven rozdílu výšek  $V14$  a  $V15$ ). Jednotlivé rozměry jsou znázorněné na obrázku 54. Z těchto rozměrů byly pro každého probanda sestavené poměry  $C9/M9$  a  $M9/m9$ , jejichž statistické vyhodnocení je uvedené v tabulce 11.



Obrázek 29: Vyznačení délek  $C9$ ,  $M9$  a  $m9$  na lidské postavě

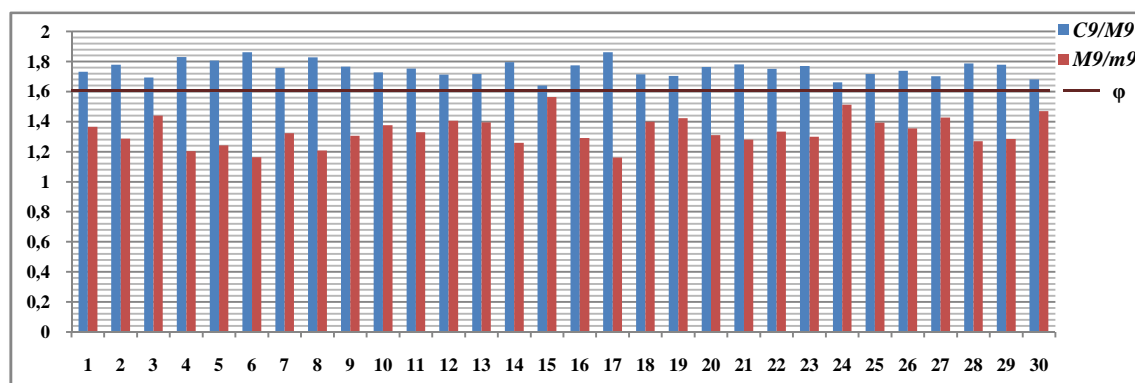
Tabulka 9: Statistické vyhodnocení poměrů  $C9/M9$  a  $M9/m9$

	$C9/M9$	$M9/m9$
$\bar{x}$	1,753	1,336
R	0,003	0,009
s	0,054	0,097
v	3,080	7,260
Rmin-Rmax	1,640-1,861	1,161-1,563
95% IS	$\langle 1,733 - 1,773 \rangle$	$\langle 1,300 - 1,372 \rangle$

U těchto poměrů rozsah souboru nedosáhl hodnoty zlatého řezu ( $R_{min}$  a  $R_{max}$  leží nad hodnotou  $\varphi$ ). Všechny hodnoty poměrů se pohybují nad (poměr  $C9/M9$ ) nebo pod (poměr  $M9/m9$ )  $\varphi$ . Nejblíže je proband 15, který je u poměru  $C9/M9$  vzdálen o 0,022,

u poměru  $M9/m9$  o -0,055. K tomu aby platilo u těchto poměrů pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M9$  musel zvětšit a rozměr  $m9$  musel zmenšit přibližně o 0,615 cm.

Pro porovnání poměrů  $C9/M9$  a  $M9/m9$  s hodnotou zlatého řezu slouží graf 25.

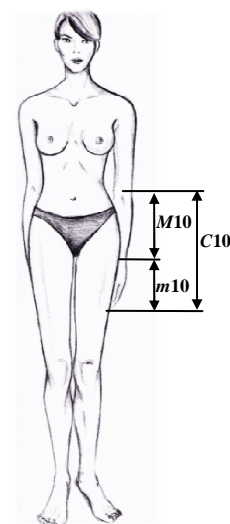


Graf 25: Porovnání poměrů  $C9/M9$  a  $M9/m9$  (osa y) jednotlivých probandů (osa x) s  $\phi$

Nejvíce odchýlení od zlatého řezu jsou probandi 6 a 17. U obou je velikost poměru  $C9/M9$  rovna 1,861, což je maximum souboru. Proband 17 má odchýlení od hodnoty  $\phi$  u poměru  $C9/M9$  o 0,243, u poměru  $M9/m9$  o -0,457. K tomu aby u těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu by se rozměr  $M9$  musel zvětšit a rozměr  $m9$  musel zmenšit přibližně o 5,513 cm. Proband 6 má odchýlení od  $\phi$  u poměru  $C9/M9$  stejné jako proband 17, u poměru  $M9/m9$  je odchýlení od  $\phi$  o -0,456. K tomu, aby u těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M9$  musel zvětšit a rozměr  $m9$  musel zmenšit přibližně o 5,926 cm. U obou probandů jsou tyto hodnoty velmi výrazné.

### Poměr $C10/M10$ a poměr $M10/m10$

Rozměr  $C10$  je roven rozdílu výšky lokte  $V15$  a výšky ke konci nejdelšího prstu  $V17$ . Rozměr  $M10$  je roven rozdílu výšky  $V15$  a výšky zápěstního bodu na malíkové straně  $V16$ . Rozměr  $m10$  je roven rozdílu  $C10$  a  $M10$  (což je rozdíl výšek  $V16$  a  $V17$ ). Ze všech rozměrů, které jsou vyznačené na obrázku 55, byly vypočtené pro každého probanda poměry  $C10/M10$  a  $M10/m10$ . Jejich statistické vyhodnocení je vidět v tabulce 12.

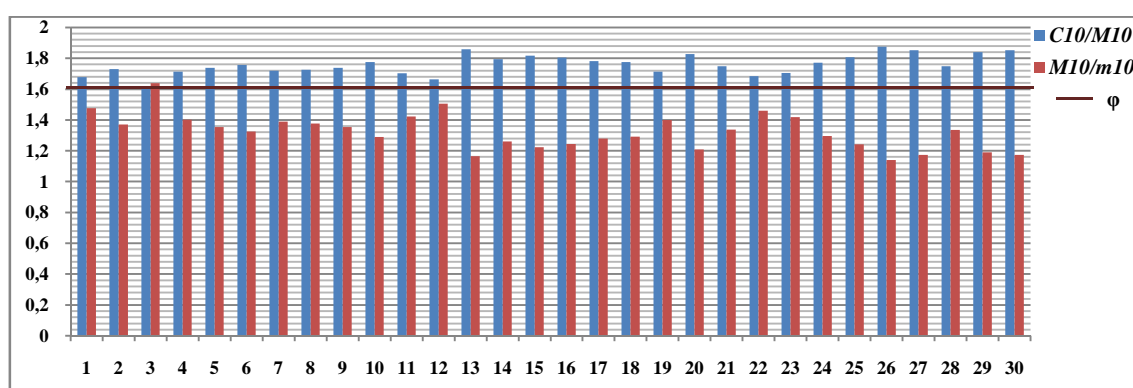


Obrázek 30: Vyznačení délek  $C10$ ,  $M10$  a  $m10$  na lidské postavě

Tabulka 10: Statistické vyhodnocení poměrů  $C10/M10$  a  $M10/m10$

	$C10/M10$	$M10/m10$
$\bar{x}$	1,760	1,325
R	0,004	0,013
s	0,064	0,115
v	3,636	8,679
Rmin-Rmax	1,610-1,876	1,141-1,639
95% IS	(1,736 – 1,784)	(1,282 – 1,368)

Při porovnání aritmetických průměrů obou poměrů s ostatními poměry  $C_i/M_i$  a  $M_i/m_i$  zjistíme, že tyto jsou jedny z nejvíce odchýlených od hodnoty  $\varphi$  (porovnání těchto poměrů u všech probandů s  $\varphi$  vyjadřuje graf 26).



Graf 26: Porovnání poměrů  $C10/M10$  a  $M10/m10$  jednotlivých probandů (osa x) s  $\varphi$

Nejbližší ke zlatému řezu je u obou poměrů proband 3. Jeho odchýlení je u obou poměrů je  $\pm 0,122$  cm, což je velmi malá hodnota. Nejvíce odchýlený od  $\varphi$  je proband 26, jehož odchýlení u poměru  $C10/M10$  je o 0,258, u poměru  $M10/m10$  je o -0,504. K tomu, aby u těchto poměrů platilo pravidlo zlatého řezu, by se rozměr  $M10$  musel zvětšit a rozměr  $m10$  zmenšit přibližně o 3,605 cm.

Souhrnné shrnutí jednotlivých poměrů a výpočet jejich základních statistických charakteristik pro každého probanda zvlášť je uvedené v příloze 5.

### 4.3 Diskuse k experimentální části

Při posuzování korelační závislosti jednotlivých výšek na výšce postavy je velmi zajímavé, že čím je bod posuzované výšky níže (blíže k základní rovině), tím se velikost závislosti snižuje. Všechny korelační závislosti jednotlivých výšek na výšce postavy však mají pozitivní tendenci. Při pohledu na grafy závislosti výšek nejnižše položených bodů (výška nad kolenem, výška kolene a výška pod kolenem) na výšce postavy je zřejmé, že u těchto výšek jsou největší odchylky od regresní přímky a je zde odchýleno větší množství probandů než u ostatních výšek.

Vysvětlení tohoto jevu nepřináší princip postupného členění, kdy se výška postavy rozdělí zlatým řezem a vzniklé rozměry se opakovaně dělí stejným způsobem (čímž vzniká nepřímá závislost některých výšek na výšce postavy). Pokud by tento princip platil, byla velikost korelačního koeficientu u závislosti výšky pupíku na výšce postavy největší (jedná se o první členění celku). Hodnota korelačního koeficientu je však nižší než u závislosti výšky bodů, které jsou umístěné nad pupíkem.

Postupné sčítání odchýlení od regresní přímky (pokud bude proband mít 7. krční obratel výrazně odchýlen, toto odchýlení by mohlo mít stejnou tendenci u závislostí výšek, které jsou umístěné pod 7. krčním obratlem) platí jen u některých probandů. Zajímavé však je, že toto pravidlo platí pouze v trupové oblasti a v oblasti dolních končetin. Například: někteří probandi mají u závislosti 7. krčního obratle záporné odchýlení. Odchylky mají pak zápornou tendenci i u dalších výšek bodů, které jsou umístěné v trupové oblasti a v oblasti dolních končetin. U horních končetin však toto pravidlo neplatí.

Přesné pravidlo, jak objasnit klesající tendenci korelační závislosti s klesající výškou posuzovaného bodu na lidské postavě, nebylo nalezeno. Po shrnutí je tedy zřejmá různorodost proporcionality lidských postav.

Z analýzy porovnávání proporčních vztahů  $C_i/M_i$  a  $M_i/m_i$  je zřejmé, že zlatý řez neurčuje přesně proporcionalitu měřených postav. Průměrné hodnoty těchto poměrů se sice pohybují okolo hodnoty zlatého řezu (u poměrů  $C_i/M_i$  od 1,595 do 1,76, u poměrů  $M_i/m_i$  od 1,325 do 1,7. Přičemž tyto poměry spolu korespondují, když je u jednoho maximum, u druhého je minimum), ale při vyjádření těchto odchylek v cm, jsou tyto odchylky až 7 cm. V případě využití Zeisingova systému při vytváření konstrukcí

oděvů, při takovýchto odchylkách, by oděv u některých jedinců výrazně neseděl na postavě.

Nejblíže k hodnotě zlatého řezu se blíží aritmetické průměry poměrů  $C2/M2$  a  $M2/m2$ , které porovnávají vzdálenosti od temene hlavy k pupíku ( $C2$ ), od sedmého krčního obratle k pupíku ( $M2$ ) a od temene hlavy k sedmému krčnímu obratli ( $m2$ ). Extrémy se sice od pravidla zlatého řezu odchylují přibližně o 3 cm, ale v souboru takto výrazně odchýlených probandů není mnoho.

K největším odchylkám aritmetických průměrů poměrů  $C_i/M_i$  a  $M_i/m_i$  docházelo zejména v oblasti horních a dolních končetin. Mezi první extrém, který je u poměru  $C7/M7$  nejvíce pod hodnotou  $\phi$  (u poměru  $M7/m7$  je nejvíce nad  $\phi$ ) je u porovnávání vzdáleností od pupíku k linii pod kolenem ( $C7$ ), od rozkroku k linii pod kolenem  $M7$  a od pupíku k rozkroku ( $m7$ ). Pod hodnotou zlatého řezu se nachází celkem 21 probandů. Z toho vyplývá, že výrazná většina měřených postav má s porovnáním se Zeisingovým systémem poněkud delší stehna.

Nad zlatým řezem je aritmetický průměr u poměrů  $C10/M10$  (u poměrů  $M10/m10$  nejvýrazněji pod  $\phi$ ). Tento poměr porovnává vzdálenosti od lokte ke konci nejdelšího prstu ( $C10$ ), vzdálenost od lokte k zápěstnímu bodu na malíkové straně ( $M10$ ) a vzdálenost od zápěstního bodu na malíkové straně ke konci nejdelšího prstu ( $m10$ ). Vzdálenost  $M10$  má kratší s porovnáním se Zeisingovým systémem celkem 29 probandů, což je velmi výrazné.

Při celkovém porovnání statistického vyhodnocení jednotlivých poměrů se systémem dle Zeisinga je zřejmé, že dolní i horní (ty více) končetiny jsou kratší. Pokud se vezme v úvahu, že Zeisingův systém vznikl na základě historického průzkumu některých studií proporcionality lidských postav, je možné, že v dřívější době měl zlatý řez v této oblasti větší význam. Je dokázané, že populace se vlivem životních podmínek stále vyvíjí. V současné době je sice dostupná kvalitnější strava, ale aktivita populace je s porovnáním s historií výrazně nižší. Výsledkem je sice růst průměrných výšek postav, ale s ním také růst průměrné hodnoty BMI u žen i mužů. Současným životním stylem lze odvodit i zkracování horních i dolních končetin, které se při méně aktivním způsobu života méně využívají, tudíž dochází k jejich menšímu růstu než trupové oblasti.

## **5 NÁVRH KOLEKCE VČETNĚ STŘIHOVÉHO ŘEŠENÍ**

Tato část diplomové práce obsahuje kolekci dvou výrobků pro horní a dolní část těla ve dvou barevných variantách. Dále obsahuje úpravu těchto oděvů na významně odchýlené postavy od zlatého řezu. Tyto postavy byly vybrány na základě výsledků experimentální části. Vybraní probandi jsou extrémy ze soborů poměrů  $C_i/M_i$  a  $M_i/m_i$ , jejichž aritmetické průměry byly nejvíce odchýlené od zlatého řezu. Tyto poměry se týkají horních a dolních končetin. Cílem estetických a konstrukčních úprav oděvů na odchýlené probandy je opticky vytvořit dojem „zlaté“ proporčnosti. Pro vytváření návrhů pro odchýlené probandy byly využity stejné barevné kombinace materiálů jako u návrhů klasických.

## 5.1 Oděvy pro proporční „ZLATOU“ postavu

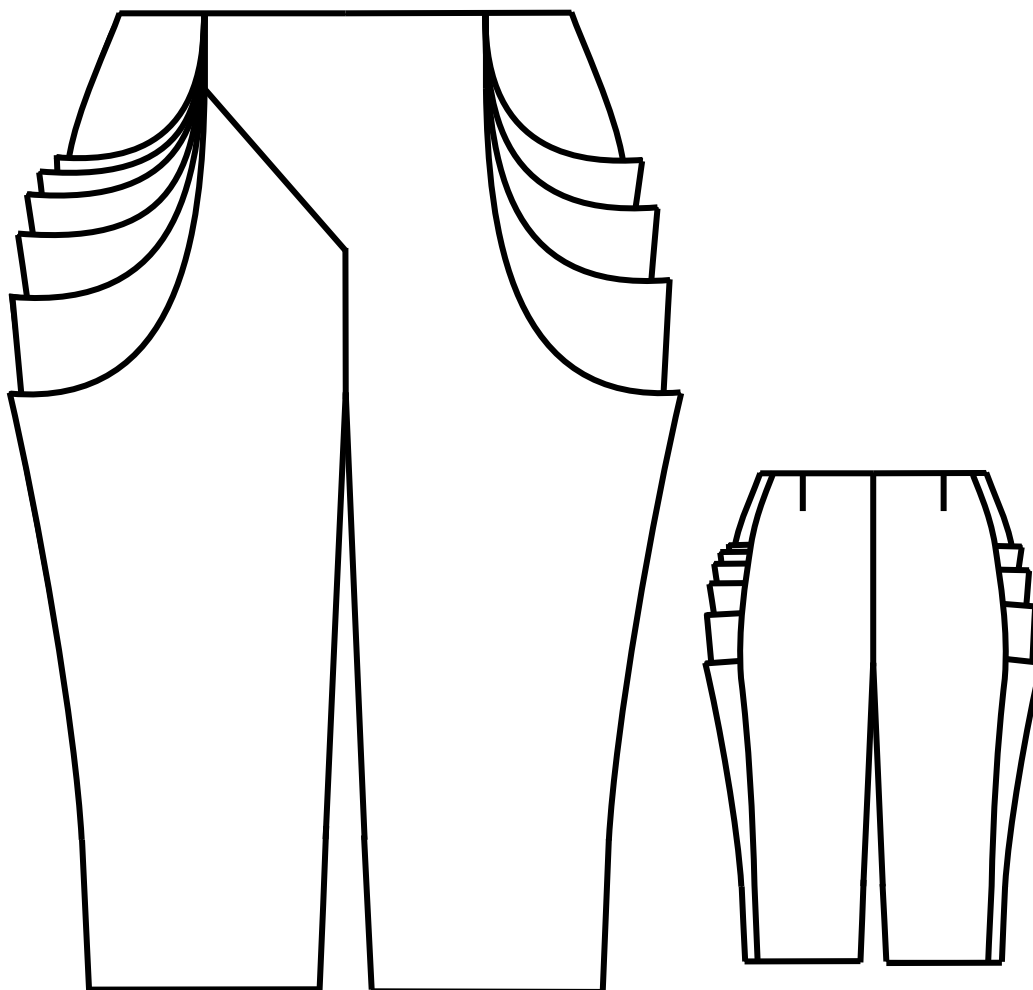
### 5.1.1 Dámské kalhoty

#### 5.1.1.1 Návrh kalhot (viz obrázek 56)



Obrázek 56: Návrh kalhot

### 5.1.1.2 Technický náčrt a stručný popis výrobku



Obrázek 57: Technický náčrt dámských kalhot pro proporční postavu

Dámské kalhoty jsou s několika násobnými tvarovanými členěnými kapsami (tvar je vyjádřen pomocí technického náčrtu viz obrázek 57). Na levém předním dílu jsou zhotovené 4 kapsy, na pravém předním dílu je zhotoveno 6 kapes. Kraje kapes jsou vyztužené termoplastickou výztužnou vložkou a zapravené krajovými kapsovými podsádkami, které jsou také vyztužené. Zapínání je zhotovené pánským způsobem (zleva doprava) na háčky a očka a knoflík a díрку tak, aby z líce nebylo viditelné – na spodní část nákrty jsou připevněné háčky a přišitý knoflík, na levém předním díle (podkryt) jsou přichycené háčky a vyšitá dířka. Tvarovaný nákrty je přinechán na levém předním díle a v pasovém kraji sahá až k členicímu kraji kapsy. Zadní díl je zúžený, tvarovaný záševky, které jsou po odšití přezhelené ke středu dílu. Pasový kraj, přední středový kraj levého dílu (podkryt) a tvarovaný nákrty jsou zapraveny krajovou podsádkou, která je podlepená



termoplastickou výztužnou vložkou. Dolní kraj je hladký. Okraje švových záložek jsou začištěné na obnitkovacím stroji.

### 5.1.1.3 Barevné varianty kalhot a charakteristika použitého oděvního materiálu

Barevné varianty (viz obrázek 58) jsou zhotovené ze tří oděvních materiálů. Dva z nich jsou stejné (stejná vazba, plošná hmotnost i materiálové složení), odlišují se pouze v barvě.



Obrázek 58: Barevné varianty kalhot pro proporční postavu a charakteristika použitého oděvního materiálu

#### 5.1.1.4 Konstrukce a modelace dámských kalhot s využitím zlatého řezu

Základní konstrukce byla zhotovena dle postupu dámských kalhot z dokumentace základních střihových konstrukcí v NVS (Kolektiv katedry oděvnictví, 2003). Výškové rozměry byly přizpůsobeny Zesingovu systému, kdy výška postavy byla vydělena 1000, čímž vznikla hodnota jednoho dílku. Jeho násobek pak vyjadřuje vzdálenosti mezi horizontálními přímkami (vniklé na základě postupného členění výšek zlatým řezem), které jsou důležité při konstrukci kalhot. Kalhoty byly zkonstruovány pro výšku postavy 168 cm, velikost 40 systému DOB, která má rozměry - op=74 cm, os=98 cm, dšk= 38, ško=40. Odlišnosti v postupu konstrukce při využití Zeisingova systému jsou následující (viz tabulka 13):

Tabulka 11: Rozdíly v postupu konstrukce dámských kalhot z dokumentace základních střihových konstrukcí v NVS

Pořadové číslo postupu konstrukce	Rozměr	Konstrukční úsečka	Vzorec vyjádřený počtem dílků (jeden dílek pro výšku postavy 168 = 0,168 cm)	Kontrolní výpočet [cm]
3.	Rozkroková přímka	P4 R4	167,2	28,1
4.	Přímka délky	P4 D4	403,2	67,7
5.	Kolenní přímka	P4 Ko4	347,5	58,4
	Snížení pasové linie k pupíku		21,3	3,58

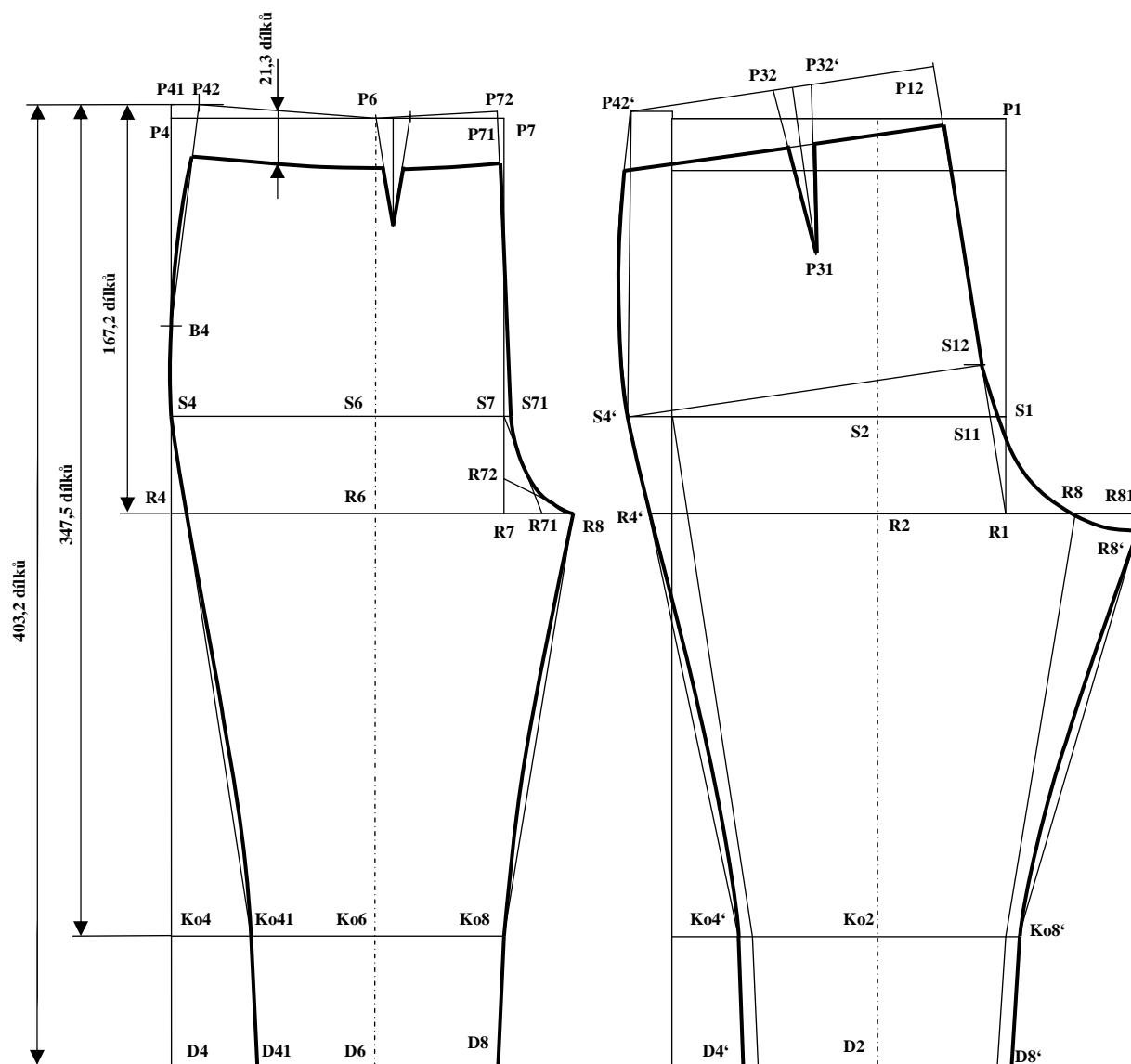
Konstrukce kalhot je zhotovena na obrázku 59.

Modelace kalhot byla zhotovena pro vrchový materiál a je znázorněna na obrázcích 60, 61, 62 a 63. Při tvorbě členění byl kladen důraz na využití zlatého řezu v proporčních vztazích střihových dílů a součástí. Zlatý řez byl uplatněn i ve tvaru výrobku, kdy na levém PD jsou mezi boční dílek a spodní kapsu vloženy 3 kapsy, na pravém PD je vloženo 5 kapes. Číslice 3 a 5 jsou členy Fibonacciho posloupnosti.

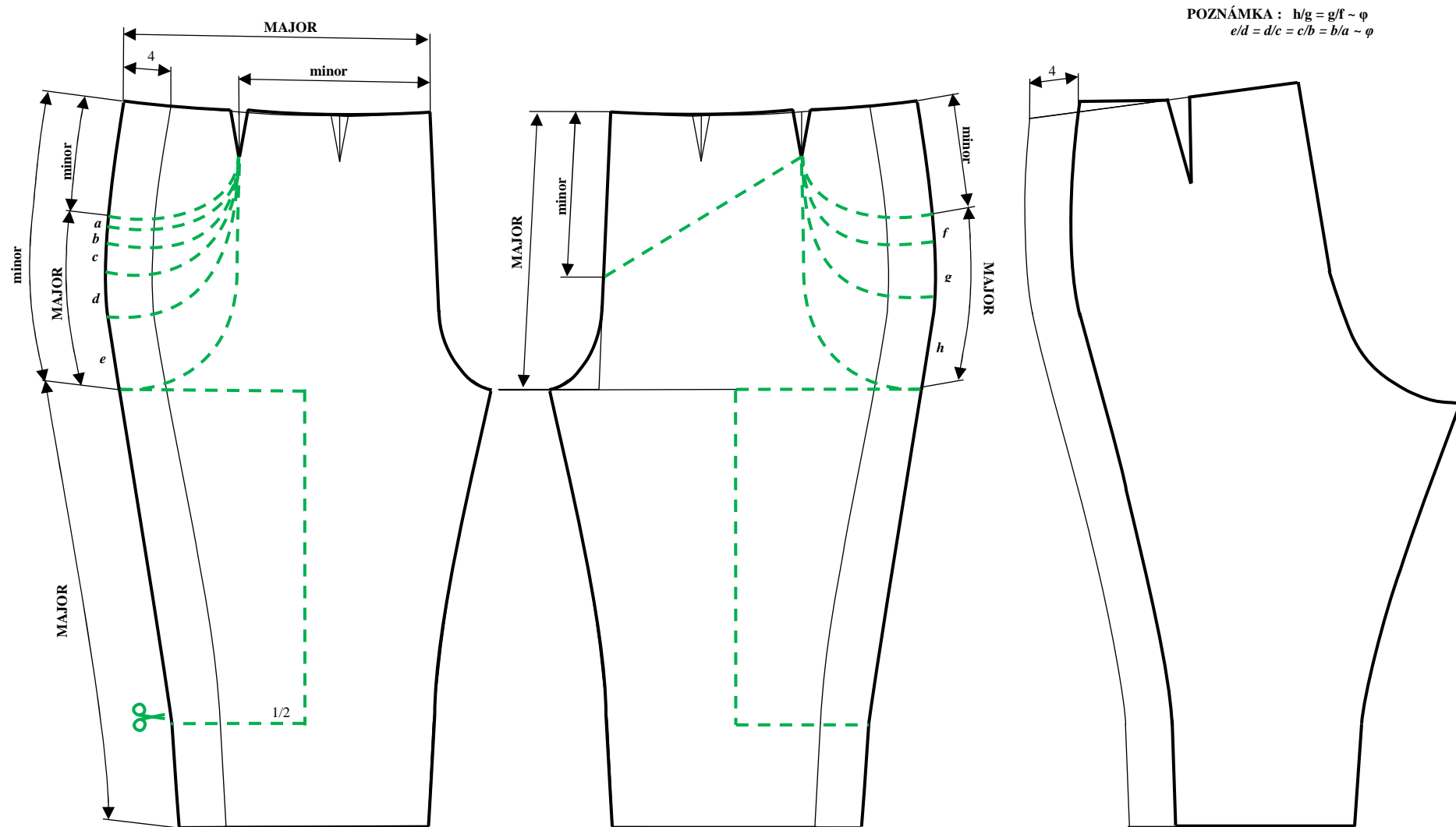
Proporční vztahy mezi jednotlivými částmi, které jsou vytvořené pomocí členění, jsou vyjádřené pomocí kót, viz obrázek 60. Pro tvorbu odstávajících kapes od bočního dílku, bylo nezbytné rozevřít přední díly. Členění bylo vytvořené tak, aby po rozevření PD o zlatý úhel  $36^\circ$  byl zachován tvar nejnižší umístěné kapsy (horní kraj dílku určeného pro otočení protíná konec členění kapsy na bočním kraji PD). Jednotlivé díly kapes byly zhotovené podle kapsy předchozí, s tím, že byly zvýšené o rozměry dílků, které vznikly při rozčlenění PD (rozměry a, b, c, d, e, f, g, h na obrázku

60). Pro postupné a rovnoměrné odstávání kapes, byla šířka kapsových dílů rovnoměrně zmenšována o rozměr vycházející z prodloužení kapsového výkroje na PD,

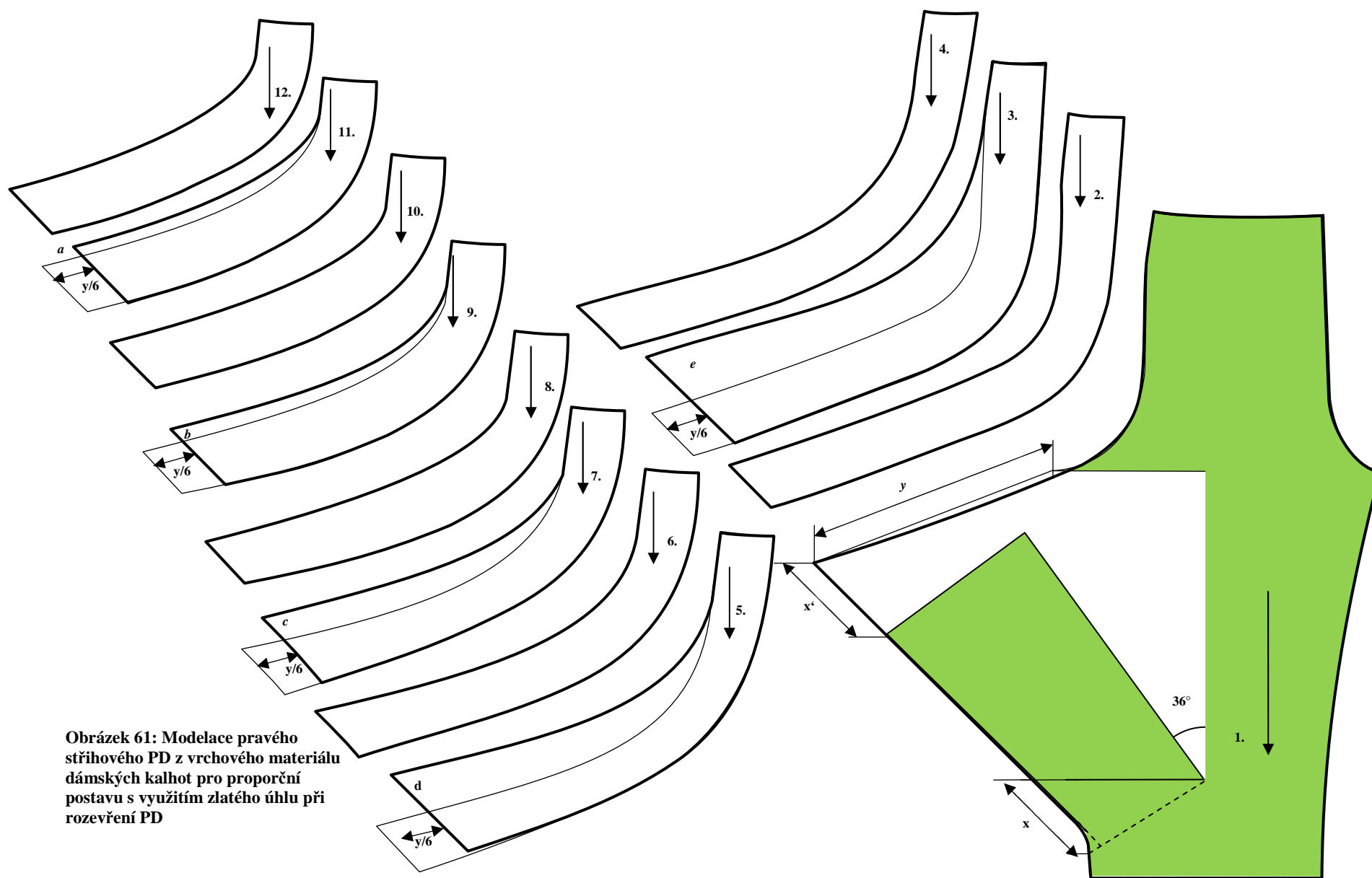
které vzniklo po rozevření PD o zlatý úhel, viz obrázky 61 a 62. Zadní díl je zhotoven na obrázku 63.



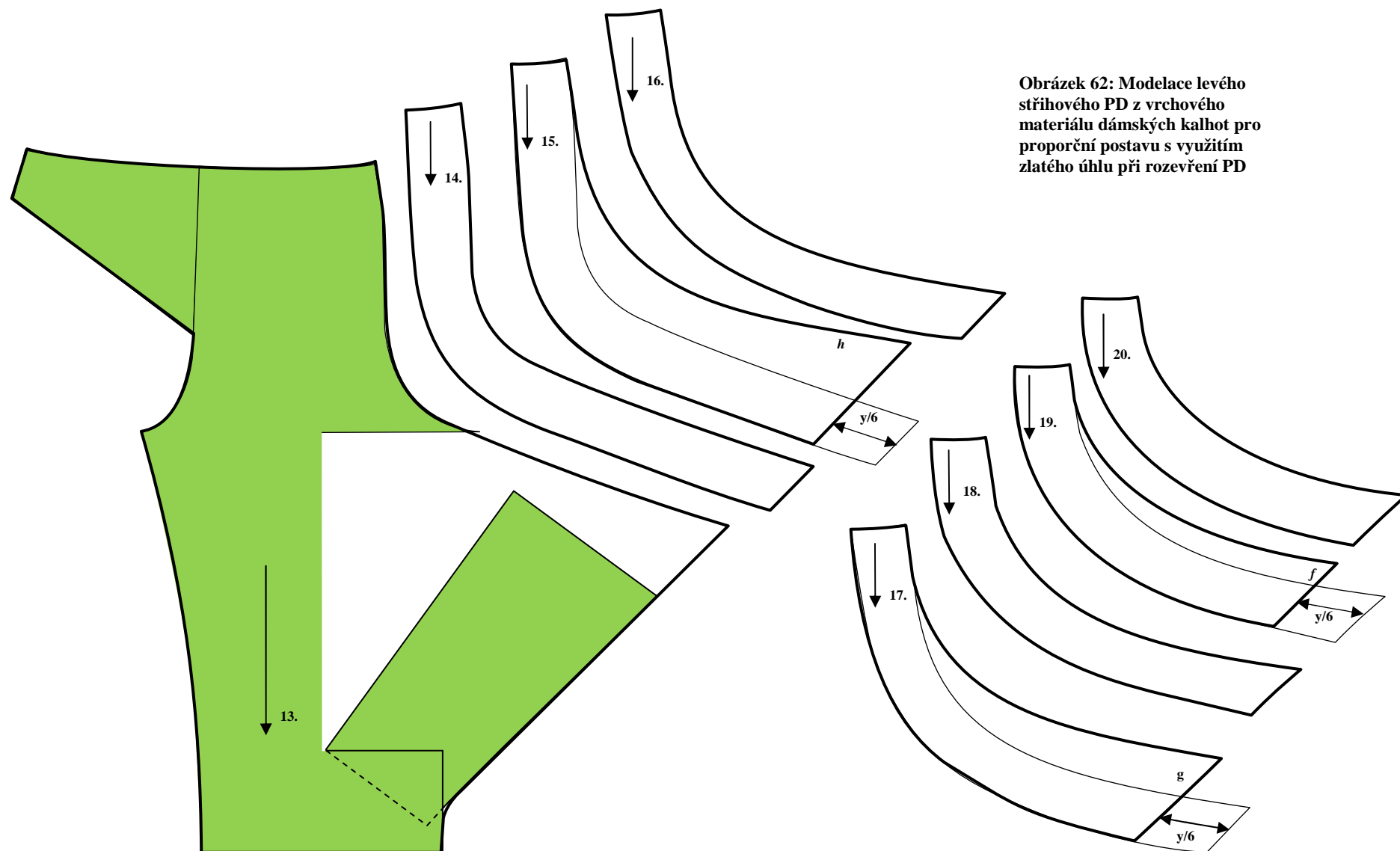
Obrázek 59: Základní konstrukce dámských kalhot pro proporční postavu s využitím Zeisingova systému



Obrázek 60: Stříhová úprava a rozčlenění stříhových dílů dámských kalhot pro proporční postavu s využitím zlatého poměru při členění

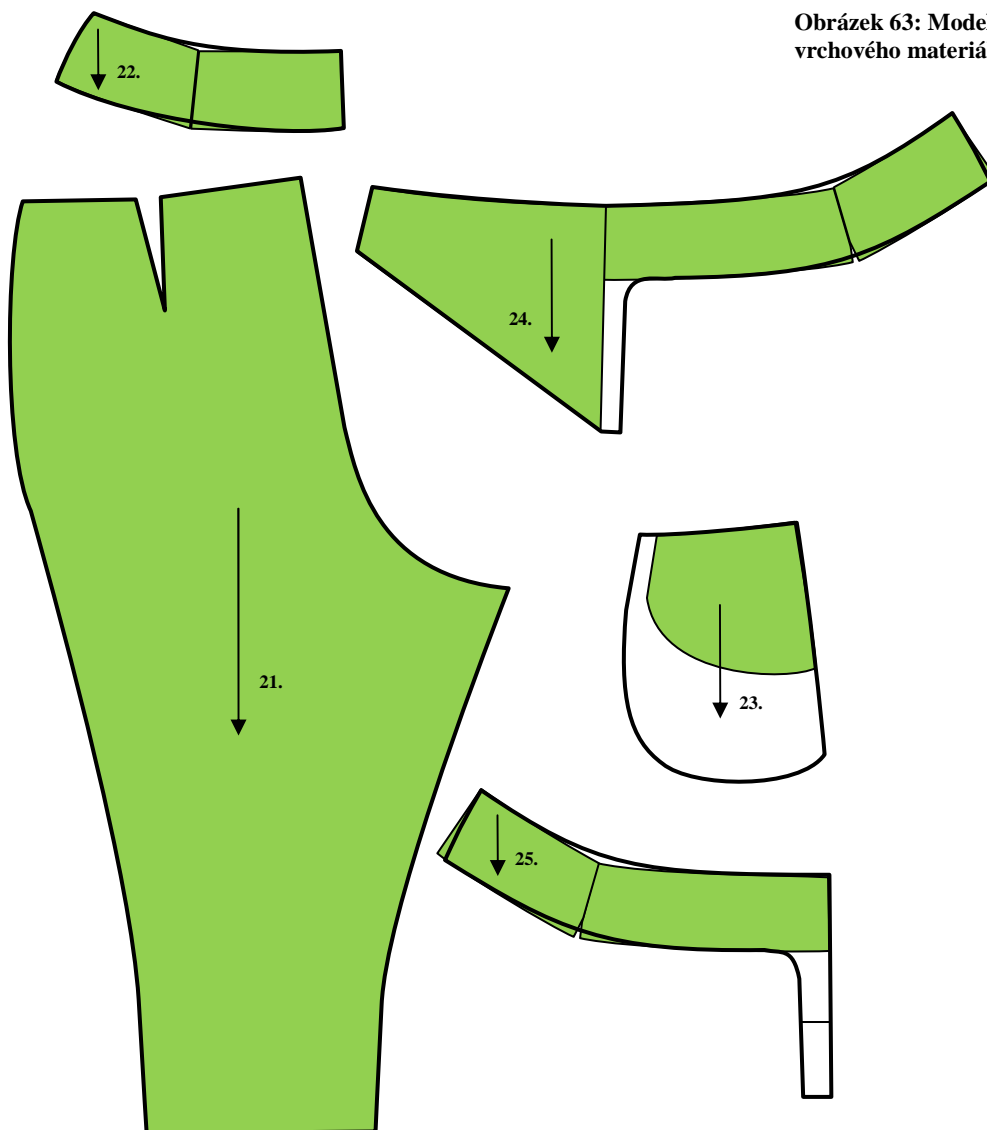


Obrázek 61: Modelace pravého  
střihového PD z vrchového materiálu  
dámských kalhot pro proporční  
postavu s využitím zlatého úhlu při  
rozevření PD



Obrázek 62: Modelace levého  
střihového PD z vrchového  
materiálu dámských kalhot pro  
proporční postavu s využitím  
zlatého úhlu při rozevření PD

Obrázek 63: Modelace ZD, pasových podsádek a bočního kapsového dílku z vrchového materiálu dámských kalhot pro proporční postavu



**LEGENDA:**

1. Přední díl pravý (1ks)
2. Krajová podsádka pro kapsový výkroj pravého předního dílu (1ks)
3. Kapsový dílek pro první kapsu pravého předního dílu (1ks)
4. Krajová podsádka pro první kapsu pravého předního dílu (1ks)
5. Kapsový dílek pro druhou kapsu pravého předního dílu (1ks)
6. Krajová podsádka pro druhou kapsu pravého předního dílu (1ks)
7. Kapsový dílek pro třetí kapsu pravého předního dílu (1ks)
8. Krajová podsádka pro třetí kapsu pravého předního dílu (1ks)
9. Kapsový dílek pro čtvrtou kapsu pravého předního dílu (1ks)
10. Krajová podsádka pro čtvrtou kapsu pravého předního dílu (1ks)
11. Kapsový dílek pro pátou kapsu pravého předního dílu (1ks)
12. Krajová podsádka pro pátou kapsu pravého předního dílu (1ks)
13. Přední díl levý (1ks)
14. Krajová podsádka pro kapsový výkroj levého předního dílu (1ks)
15. Kapsový dílek pro první kapsu levého předního dílu (1ks)
16. Krajová podsádka pro první kapsu levého předního dílu (1ks)
17. Kapsový dílek pro druhou kapsu levého předního dílu (1ks)
18. Krajová podsádka pro druhou kapsu levého předního dílu (1ks)
19. Kapsový dílek pro třetí kapsu levého předního dílu (1ks)
20. Krajová podsádka pro třetí kapsu levého předního dílu (1ks)
21. Zadní díl (2ks)
22. Pasová krajová podsádka zadního dílu (2ks)
23. Boční kapsový dílek předních dílu s přinechanou kapsovou podsádkou (2ks)
24. Pasová krajová podsádka levého předního dílu (2ks)
25. Pasová krajová podsádka pravého předního dílu (2ks)

### 5.1.2 Dámská halenka

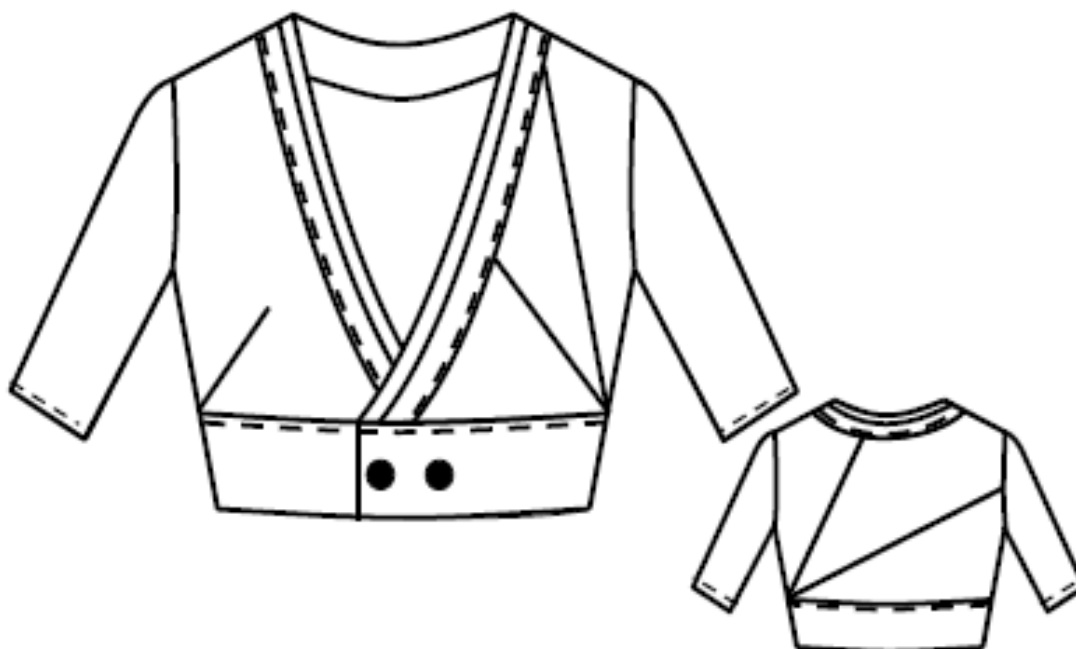
#### 5.1.2.1 Návrh výrobku (viz obrázek 64)



Obrázek 64: Návrh halenky



### 5.1.2.2 Technický nákres a stručný popis výrobku



Obrázek 65: Technický nákres dámské halenky pro proporční postavu

Dámská halenka je přiléhavého střihu (celkový tvar výrobku určuje technický nákres, viz obrázek 65), její délka je do pasu. Přiléhavosti je dosaženo pomocí modelace, kdy pasové, prsní (u levého PD) i náramenicové záševky jsou vybrány v modelovaných střihových dílech. Členění je ve tvaru trojúhelníků a přechází z pravého PD do ZD. Levý díl je hladký s prsním odševkem, který je po odšití přezhelen k dolnímu kraji. Přední kraje jsou zapravené dvojdílnou légou (užší je po předšití naložená na širší, při předšívání předních krajů se přikládají obě). Každá léga se skládá z vrchní, která je vyztužená, a spodní légy. Po předšití předních krajů jsou švové záložky zapraveny spodním dílem širší légy a prošité v kraji. Dolní kraj halenky je zapraven pomocí dvojitého pasového dílu PD i ZD (vrchní pasový díl PD i ZD je vyztužen termoplastickou výztužnou vložkou) a prošitý v kraji. Rukávy jsou jednodílné, hladké. Jejich dolní kraj je zapraven dvojitým obrubovacím švem. Halenka je zapínána na 2 knoflíky a dírky. Okraje švových záložek, které nejsou zapravené, jsou začištěné na obnitkovacím stroji s ořezem.

### 5.1.2.3 Barevné varianty dámské halenky a charakteristika použitého oděvního materiálu

Barevné varianty (viz obrázek 66) jsou zhotovené ze tří oděvních materiálů. Druhy oděvních materiálů jsou stejné jako u kalhot.



Satén  
97% polyester  
3% elastin  
160 g/m<sup>2</sup>



Keprová vazba  
96% polyester  
4% elastin  
180 g/m<sup>2</sup>



Satén  
97% polyester  
3% elastin  
160 g/m<sup>2</sup>



Keprová vazba  
96% polyester  
4% elastin  
180 g/m<sup>2</sup>

Obrázek 66: Barevné varianty dámské halenky pro proporcční postavu a charakteristika použitého oděvního materiálu

#### 5.1.2.4 Konstrukce a modelace dámské halenky s vyžitím zlatého řezu

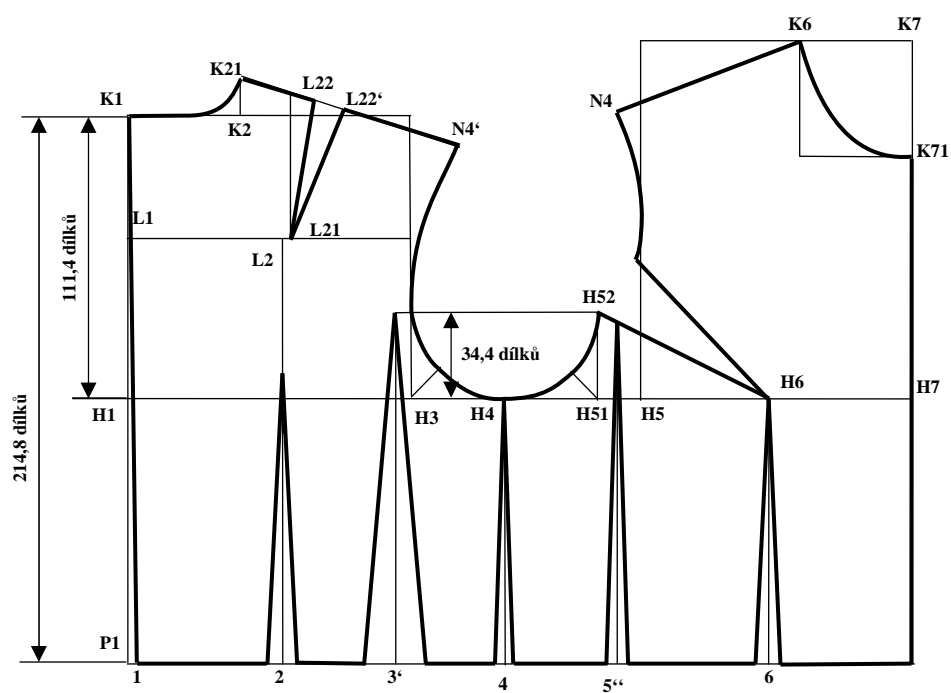
Základní konstrukce byla zhotovena dle postupu dámské halenky od Nakamichi Tamako (postup konstrukce je uveden na webových stránkách KOD [3]). Tento střih byl vybrán pro jeho výborné padnutí na postavě. Výškové rozměry i u této konstrukce byly přizpůsobeny Zesingovu systému. Halenka byla zkonstruována pro výšku postavy 168 cm, velikost 40 systému DOB, která má rozměry - oh=92 cm, op=74 cm. Odlišnosti v postupu konstrukce při využití Zeisingova systému jsou následující (viz tabulka 14):

Tabulka 14: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámské přiléhavé halenky

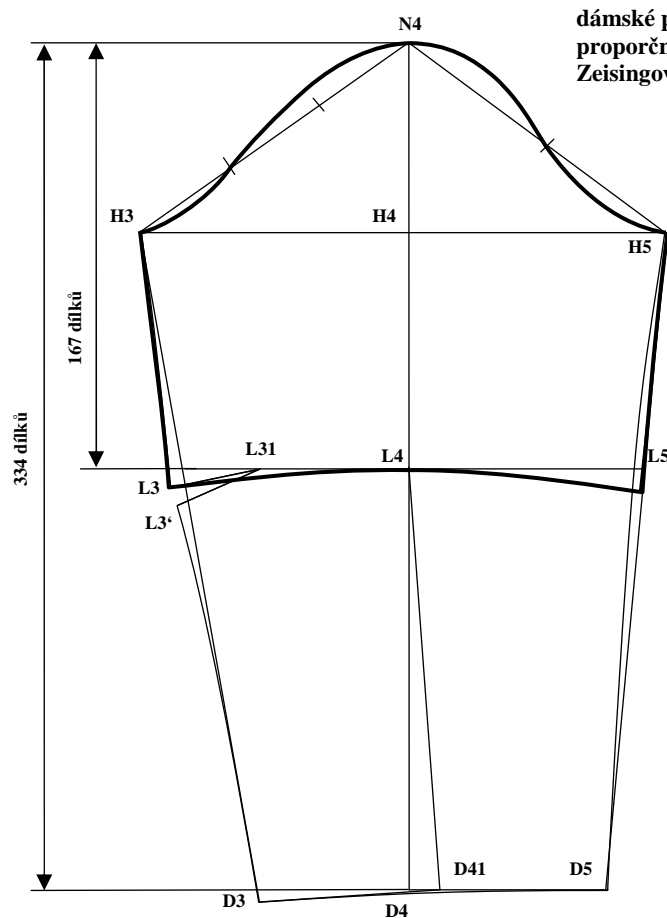
Rozměr	Konstrukční úsečka	Vzorec vyjádřený počtem dílků (jeden dílek pro výšku postavy 168 = 0,168 cm)	Kontrolní výpočet [cm]
Délka zad	K1 P1	214,8	36,1
Hrudní přímka	K1 H1	111,4	18,8
Výška předního průramkového bodu	H51 H52	34,4	5,8
Délka rukávu (od ramenního bodu k zápěstnímu na malíkové straně)	N4 D4	334	56,1
Výška lokte	N4 L4	167	28,1

Základní konstrukce je zhotovená na obrázku obrázek 67.

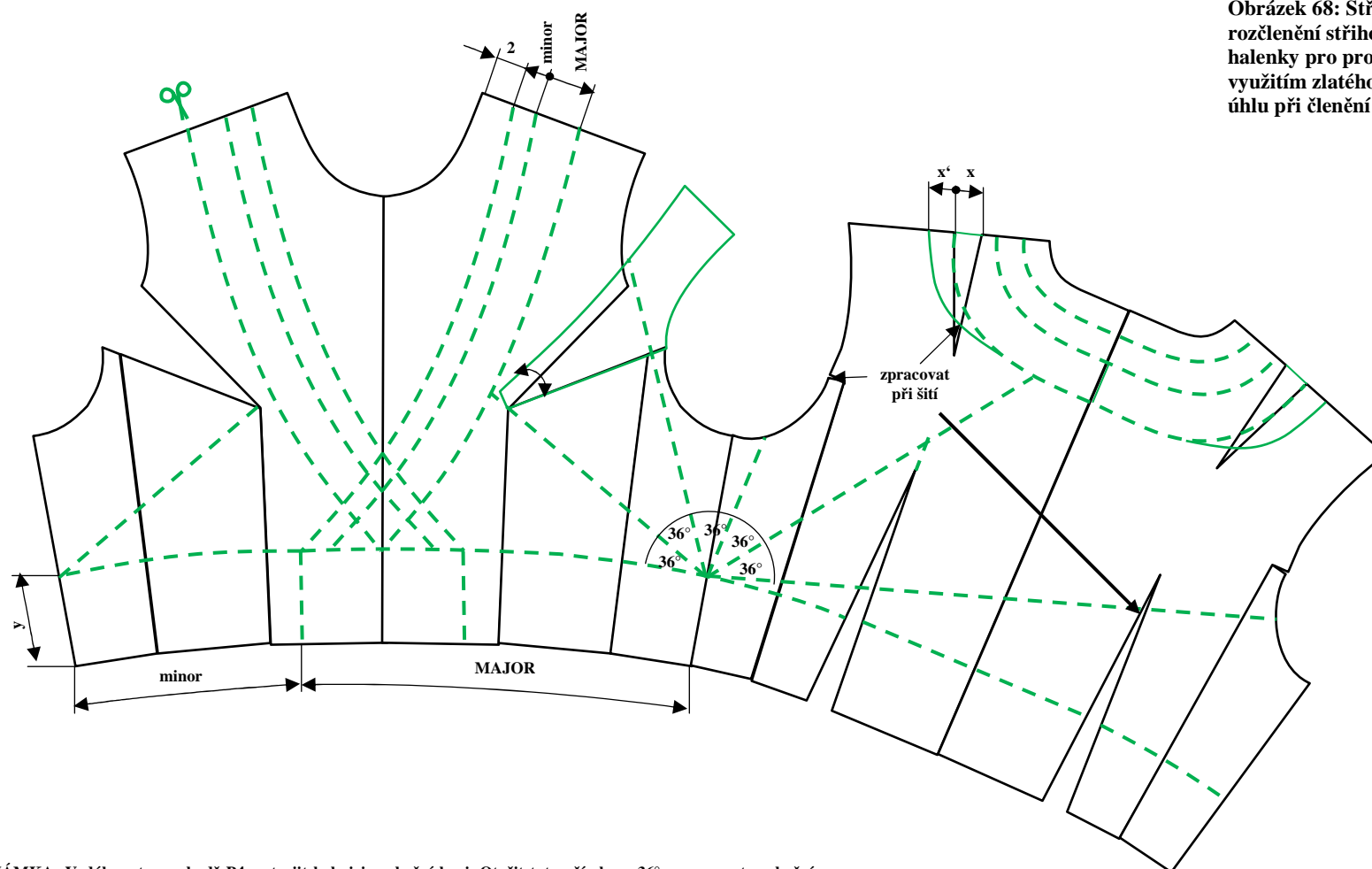
Modelace střihových dílů a součástí byla zhotovena pouze pro vrchový materiál. Při tvorbě členění byl kladen důraz na využití zlatého řezu v proporčních vztazích střihových dílů a součástí. Tyto vztahy jsou vyjádřené pomocí kót na obrázku 68. Vzhledem k tomu, že členění je asymetrické a přechází z pravého dílu do zadního, bylo třeba pro tvorbu členění jednotlivé střihové díly složit k sobě. Jako první byl stanoven tvar předního kraje a šířka širší i užší légy pro levý i pravý PD a průkrčník ZD. Šířka širší légy byla volena tak, aby v ní bylo možné vybrat náramenicové záševky ZD. Následně byla zhotovená v dolním kraji kolmice na boční kraj pravého dílu a tato přímka se otočila o 36 °. Po jejím otočení byla tato přímka posouvána po bočním kraji tak, dokud neprocházela prsním bodem. Vzdálenost průsečíku bočního kraje a této přímky od dolního kraje určuje šíři pasového dílku PD i ZD. Celý postup členění a tvorby vymodelovaných dílů znázorňují obrázky 68 a 69.



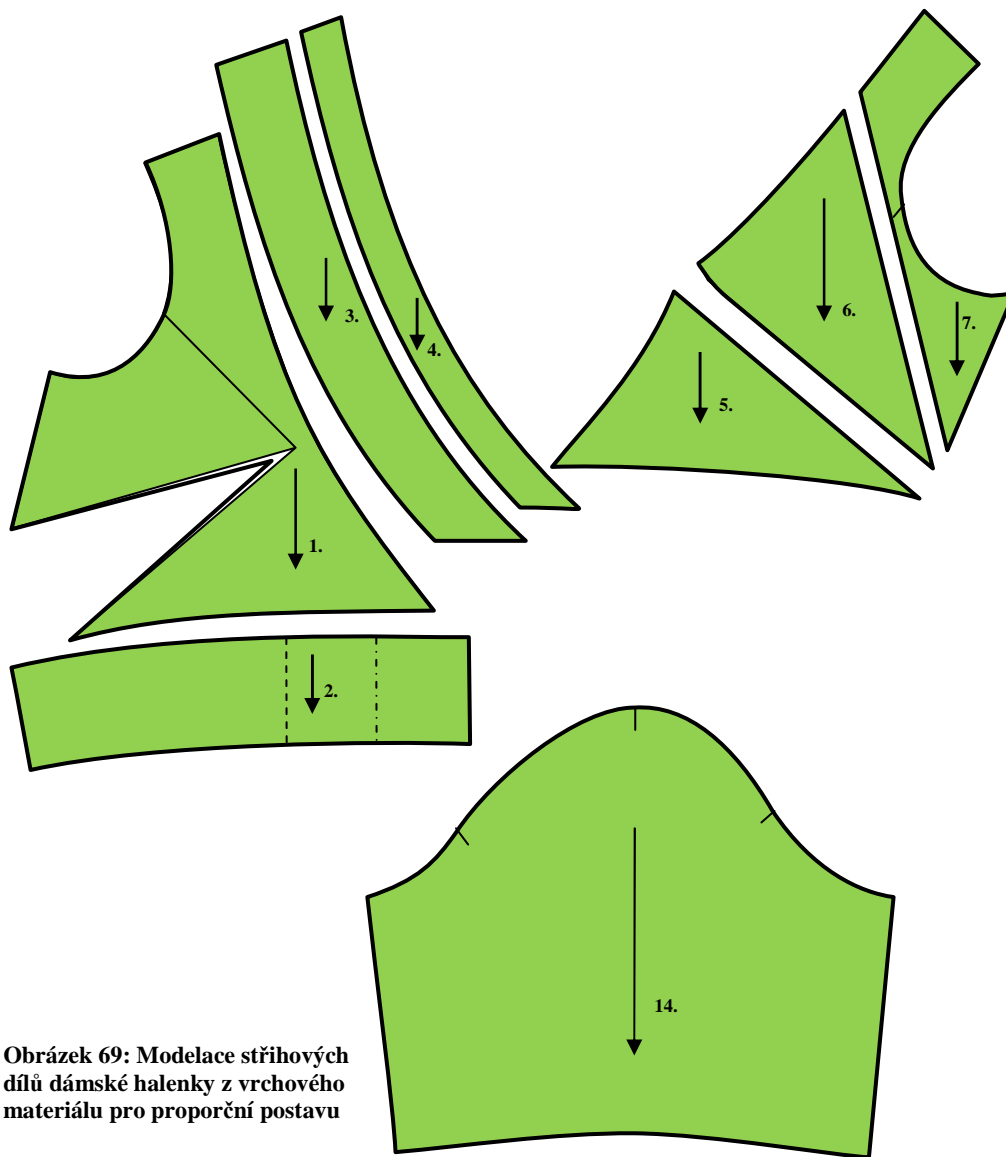
Obrázek 67: Základní konstrukce dámské přiléhavé halenky pro proporční postavu s využitím Zeisingova systému



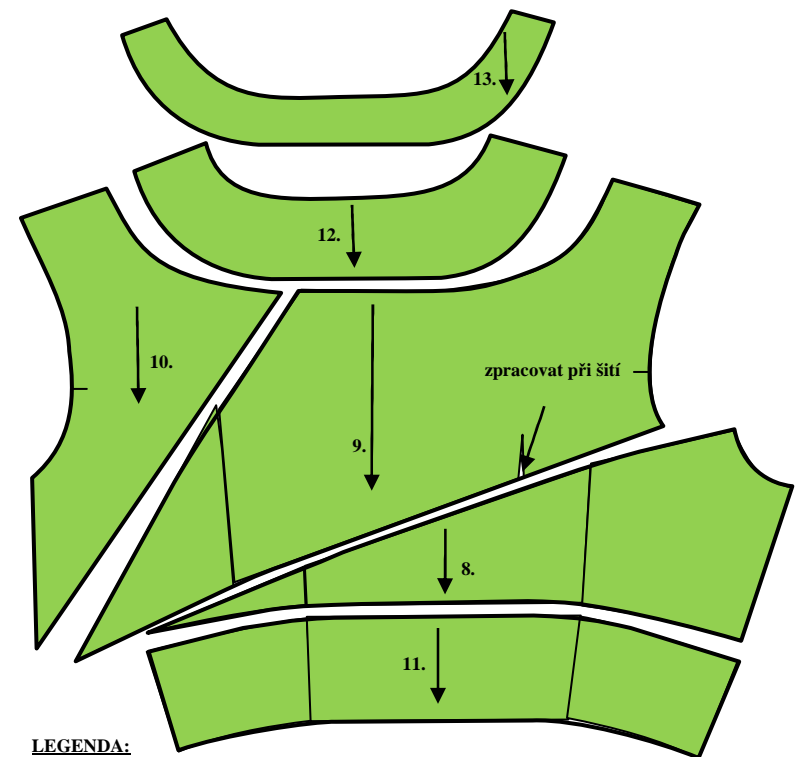
**Obrázek 68: Střihová úprava a rozčlenění stříhových dílů dámské halenky pro proporční postavu s využitím zlatého poměru a zlatého úhlu při členění**



**POZNÁMKA:** Vzdálenost  $y$  - v bodě P4 sestavit kolmici na boční kraj. Otočit tuto přímku o  $36^\circ$  a posunout po bočním kraji tak, aby protínala vrchol prsního vybrání. Vzdálenost průsečíku této přímky po bočním kraji od dolního kraje je výška dolního pasového dílku  $y$ .



Obrázek 69: Modelace stříhových  
dílů dámské halenky z vrchového  
materiálu pro proporční postavu



**LEGENDA:**

1. Pravý přední díl boční (1ks)
2. Dolní pasový díl předního dílu - pravý i levý (4ks)
3. Širší léga předního kraje – pro pravý i levý přední díl (4ks)
4. Užší léga předního kraje – pro pravý i levý přední díl (4ks)
5. Levý přední díl dolní část (1ks)
6. Levý přední díl středová část (1ks)
7. Levý přední díl boční část (1ks)
8. Zadní díl dolní část (1ks)
9. Zadní díl středová část (1ks)
10. Zadní díl horní část (1ks)
11. Dolní pasový díl zadního dílu (2ks)
12. Širší léga zadního průkrčníkového kraje (2ks)
13. Užší léga zadního průkrčníkového kraje (2ks)
14. Rukáv

## 5.2 Úprava oděvů pro neproporční postavy

Jak již bylo řečeno, úprava oděvů byla provedena na základě výsledků experimentální části. Pro úpravu kalhot byly vybrány maximálně a minimálně odchýlení probandi ( $R_{\min}$  a  $R_{\max}$  souboru) ze statistického souboru poměrů C7/M7 a M7/m7 (tento poměr měl ze všech souborů u poměru C7/M7 nejmenší průměr, u poměru M7/m7 naopak největší). Mezi tyto probandy patří proband 18 a proband 28. Pro úpravu halenky byl vybrán soubor s poměry C10/M10 a M10/m10 (tento poměr měl ze všech souborů u poměru C10/M10 největší aritmetický průměr, u poměru M10/m10 naopak). Extrémně odchýlenými probandy jsou probandi 3 a 26.

Při úpravě bylo zhodnoceno odchýlení od zlatého řezu. V případě, že tato odchylka po vyjádření v cm byla zanedbatelná, konstrukce se neupravovala. Vyjádření odchýlení od Zeisingova systému je vyjádřené pomocí tabulky rozměrů (vypočtených dle Zeisinga a naměřených na postavě) a pomocí zhotovené konstrukce, ve které je znázorněno, jak by měly být umístěné horizontální přímky dle Zeisingova systému.

Úpravy oděvů jsou zhotoveny tak, aby vytvářely optický dojem proporční „zlaté“ postavy.

### 5.2.1 Analýza estetických pravidel upravující neproporčnost postavy

Existuje několik pravidel, které upravují a opticky zdokonalují neproporčnost postavy. Je všeobecně známo, že například podélné členění oděvů, podélné vzory (proužky) mají tendenci opticky prodlužovat. Zatímco příčné členění, příčné vzory, mají tendenci zkracovat. U zkracování lze dosáhnout zintenzivnění pomocí využití tmavých detailů – tmavé příčné proužky, tmavé manžety, apod. Tmavé barvy zužují, světlé opticky rozšiřují a co je úzké, zdá se delší a naopak.

### 5.2.2 Úprava oděvu pro dolní končetiny (kalhot)

#### 5.2.2.1 Proband 18

Proband 18 má výšku postavy 165,6 cm. Obvodové rozměry jsou stejné jako u proporční postavy, tedy  $op=74$  cm,  $os=98$  cm,  $sko=40$  cm,  $dšk=38$  cm. Délkové rozměry potřebné pro konstrukci kalhot a jejich porovnání s rozměry vypočítanými dle Zeisingova systému vyjadřuje tabulka 15.

**Tabulka 15: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámských kalhot a porovnání rozměrů naměřených na postavě probanda 18 s rozměry vycházejícími ze Zeisingova systému**

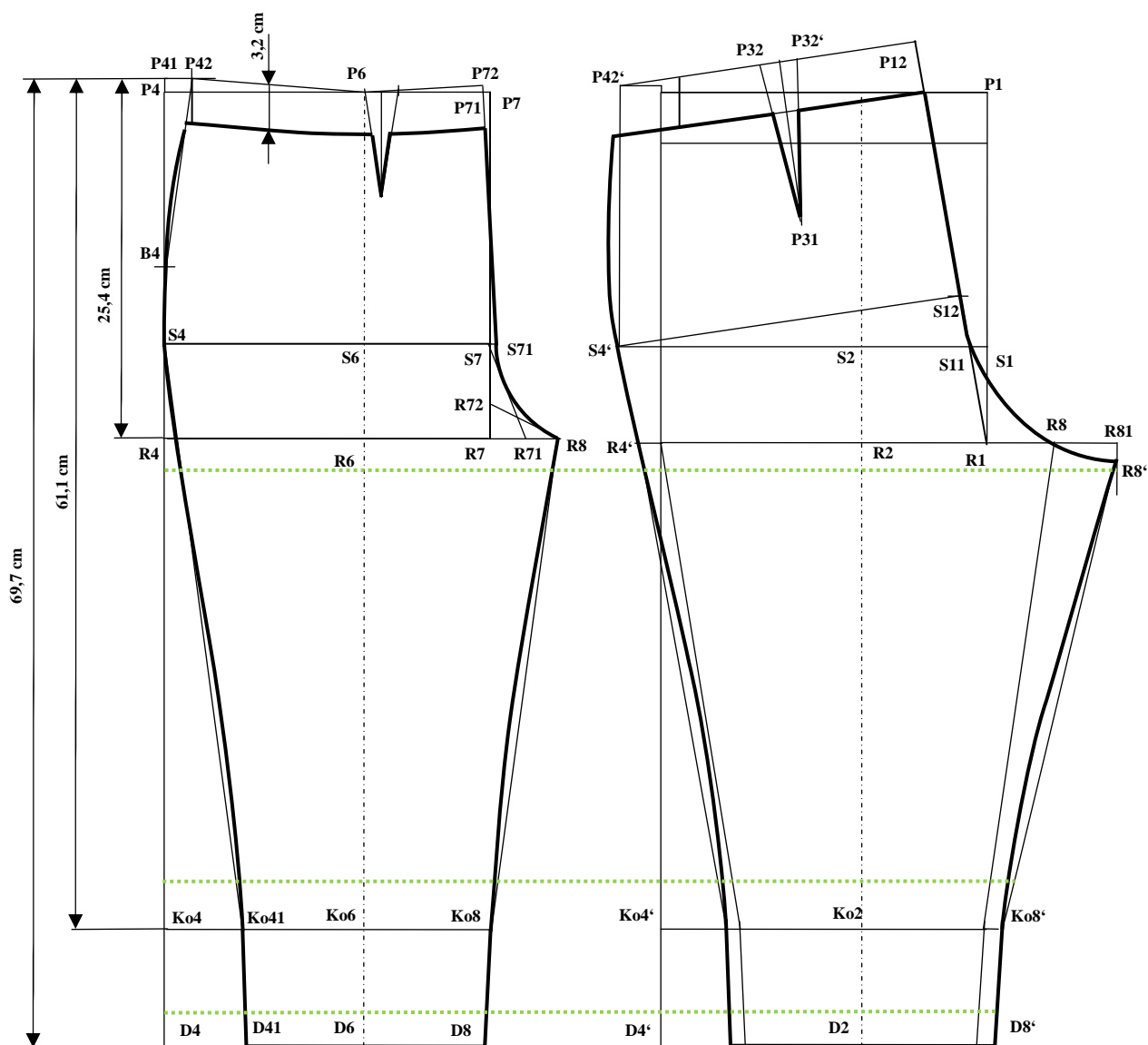
Pořadové číslo	Rozměr	Konstrukční úsečka	Vzorec vyjádřený počtem dílků (jeden dílek pro výšku postavy 165,6 = 0,1656 cm)	Kontrolní výpočet [cm]	Rozměry naměřené na postavě [cm]	Odchýlení od Zeisingova systému
3.	Rozkorková přímka	P4 R4	167,2	27,7	25,4	2,3
4.	Přímka délky – linie pod kolenem	P4 D4	403,2	66,8	69,7	-2,9
5.	Kolenní přímka	P4 Ko4	347,5	57,5	61,1	-3,6
	Snížení pasové linie k pupíku		21,3	3,5	3,2	0,3

Základní konstrukce střihu dámských kalhot byla zhotovena podle stejného postupu konstrukce jako u proporční postavy. Umístění přímek dle Zeisingova systému je ve zhotovené konstrukci znázorněno zelenou barvou. Konstrukce je zhotovena na obrázku 70.

Při vyhodnocení odchylek jednotlivých konstrukčních rozměrů od rozměrů dle Zeisinga je zřejmé, že proband 18 má kratší výšku od pasu k rozkroku a delší část od rozkroku po linii pod kolenem (jako většina měřených probandů). Úprava oděvu byla vytvořena tak, aby došlo k optickému zkrácení této části. K tomuto účelu posloužila ozdobná manžeta umístěná na dolním kraji PD i ZD. Tato manžeta je dvojitá a její výška odpovídá vzdálenosti mezi kolenní a dolní přímkou (linie pod kolenem). Barva materiálu (materiál s keprovou vazbou – šedý) pro hlavní díly je světlejší, neboť ta má tendenci opticky rozšiřovat. Širší věci se následně zdají opticky kratší. Manžeta je zhotovená ze stejného druhu materiálu, ale v černé barvě. Tvar výrobku nad manžetou je stejný jako u výrobku pro proporční postavu. Návrh upravených kalhot pro probanda 18 je vidět na obrázku 71.

Modelace kalhot pro danou úpravu je velmi podobná modelaci pro proporční postavu. Členění s vyznačením proporčních vztahů s využitím zlatého řezu a vyznačení členění pro manžetu je znázorněné viz obrázek 72.

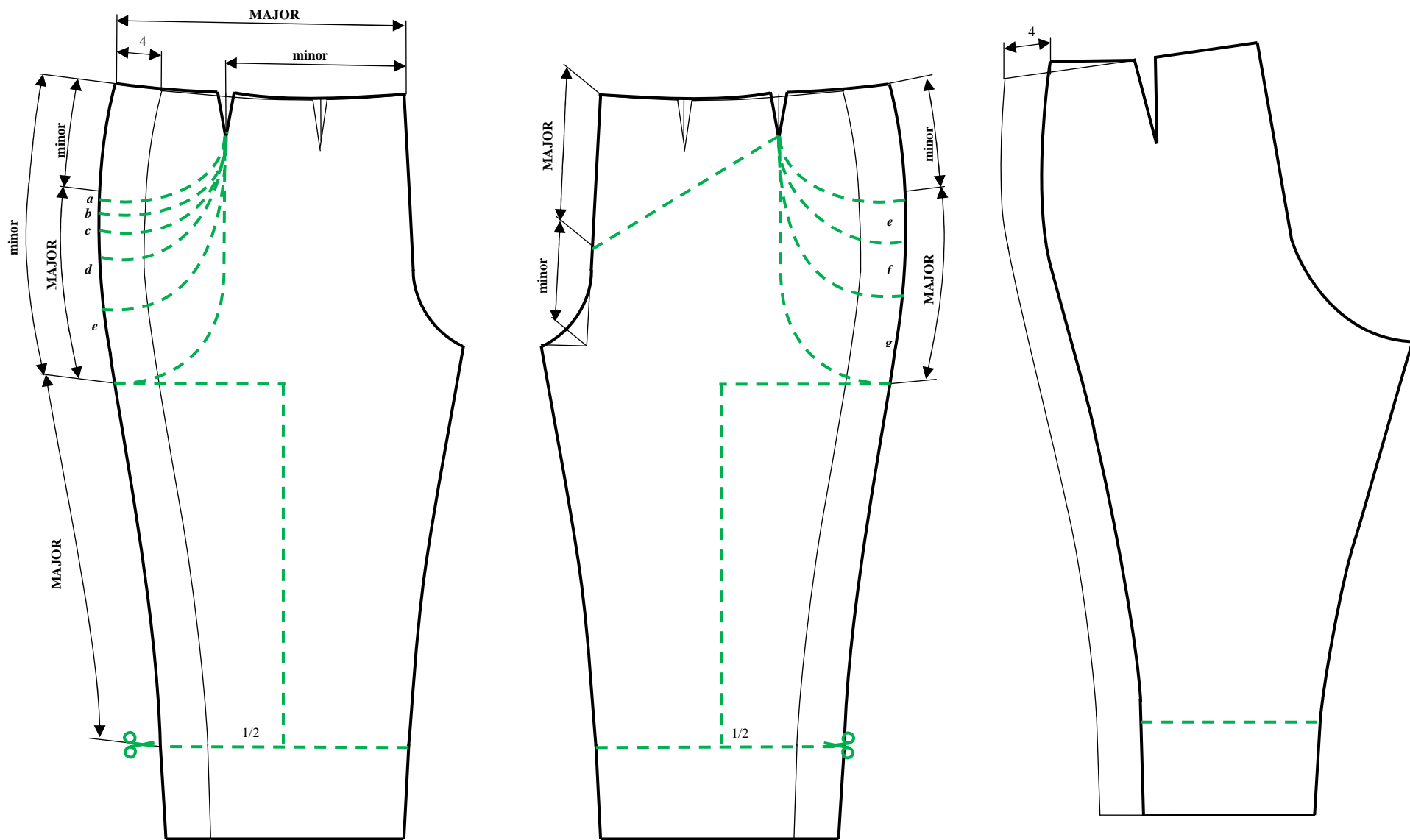




Obrázek 70: Základní konstrukce dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 18 a porovnání umístění horizontálních přímk se Zeisingovým systémem



**Obrázek 71: Návrh výrobku s technickým nákresem pro neproporční postavu probanda 18**



Obrázek 72: Střihová úprava a rozčlenění střihových dílů dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 18 s využitím zlatého poměru při členění

### 5.2.2.2 Proband 28

Proband 28 má výšku postavy 165,5 cm. Obvodové rozměry jsou stejné jako u proporční postavy, tedy  $op=74$  cm,  $os=98$  cm,  $sko=40$  cm,  $dšk=38$  cm. Délkové rozměry potřebné pro konstrukci kalhot a jejich porovnání s rozměry vypočítanými dle Zeisingova systému vyjadřuje tabulka 16.

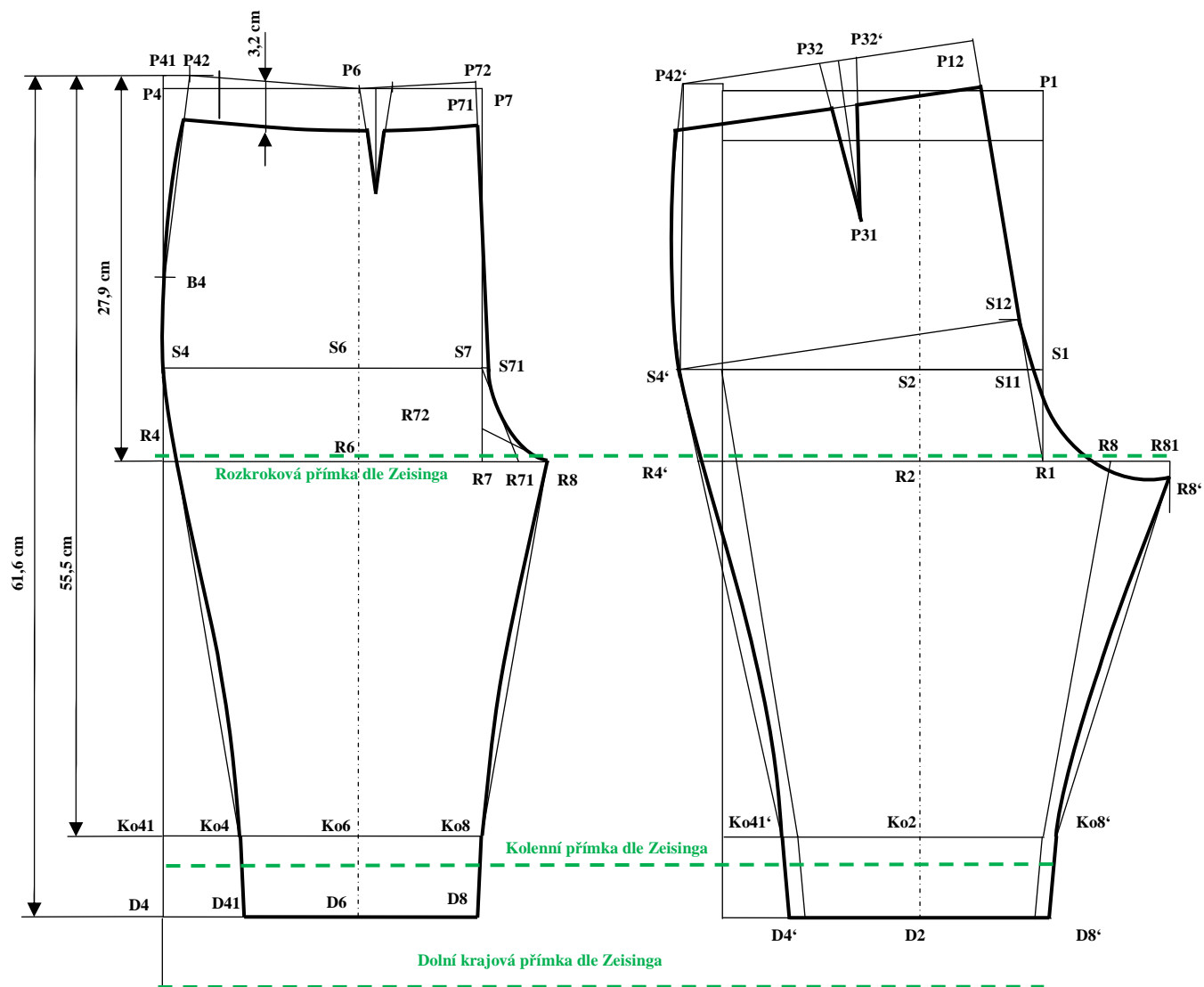
**Tabulka 12: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámských kalhot a porovnání rozměrů naměřených na postavě probanda 18 s rozměry vycházejícími ze Zeisingova systému**

Pořadové číslo postupu konstrukce	Rozměr	Konstrukční úsečka	Vzorec vyjádřený počtem dílků (jeden dílek pro výšku postavy 165,5 = 0,1655 cm)	Kontrolní výpočet [cm]	Rozměr naměřený na postavě [cm]	Odchýlení od Zeisingova systému [cm]
3.	Rozkroková přímka	P4 R4	167,2	27,7	27,9	-0,2
4.	Přímka délky	P4 D4	403,2	66,7	61,6	5,1
5.	Kolenní přímka	P4 Ko4	347,5	57,5	55,5	2
	Snížení pasové linie k pupíku		21,3	3,5	3,2	0,3

I v tomto případě byla základní konstrukce zhotovena podle stejného konstrukčního postupu jako konstrukce pro proporční postavu. Konstrukce viz obrázek 73, na kterém je viditelná výrazná odlišnost přímek od Zeisingova systému.

Tato odlišnost poukazuje na skutečnost, že proband 28 má kratší vzdálenost od rozkroku k linii pod kolenem. Proto byla volená taková úprava, která by tuto část opticky prodloužila. Prodloužení bylo docíleno pomocí podélných členících švů, které jdou na PD z tvarovaného členění poslední kapsy, na ZD je členění spuštěné z pasových vybrání. Barva oděvního materiálu pro daný výrobek byla volena tak, aby došlo k optickému zúžení (užší věci se nám zdají opticky delší). Proto pro hlavní díly byla volená černá barva oděvního materiálu. Návrh výrobku je zobrazen na obrázku 74.

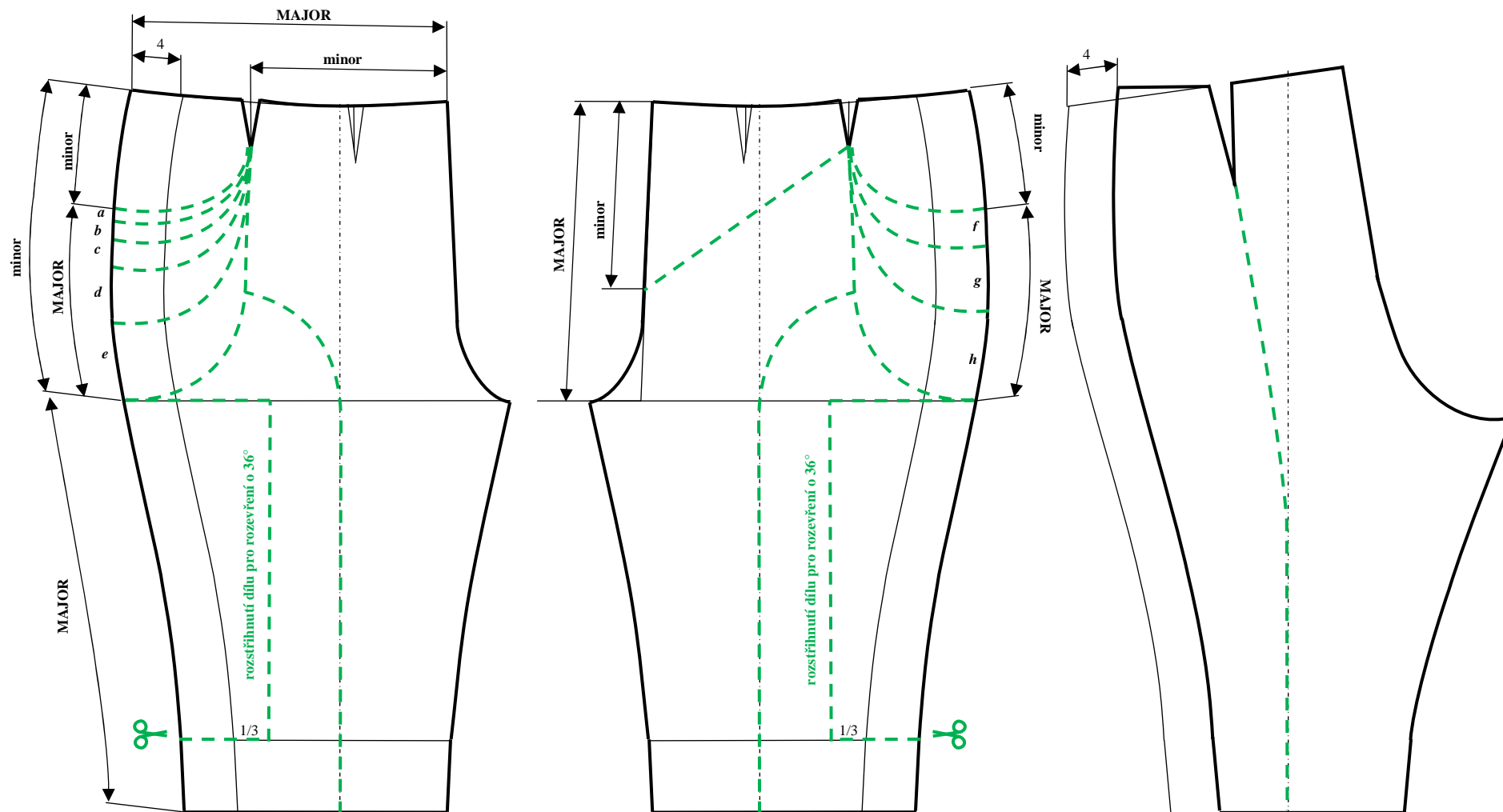
Stříhové rozčlenění PD a ZD je znázorněno na obrázku 75. Jedinou výraznou odchylkou od členění pro proporční postavu je podélné členění, vycházející na PD z tvarovaného členění kapsy, na ZD z pasových zásevků. U obou dílů toto členění plynule navazuje na konstrukční osu PD i ZD. Členění pro rozevření dílů je posunuté více k boku. Postup rozevření PD o 36°, tvorba kapsových částí i jejich podsádek, tvorba krajových podsádek je stejná jako u modelace pro proporční postavu.



Obrázek 73: Základní konstrukce dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 28 a porovnání umístění horizontálních přímek se Zeisingovým systémem



**Obrázek 74: Návrh výrobku s technickým nákresem pro neproporční postavu probanda 28**



Obrázek 75: Stříhová úprava a rozčlenění stříhových dílů dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 28 s využitím zlatého poměru při členění

### 5.2.3 Úprava oděvů pro horní končetiny (halenka)

U druhé extrémní odchylky aritmetických poměrů C10/M10 a M10/m10 od hodnoty  $\phi$  jsou dva maximálně odchýlení probandi a to proband 3 a proband 26. Proband 3 je u poměru C10 /M10 odchýlen od  $\phi$  o -0,08, u poměru M10/m10 o 0,021. K tomu aby u těchto poměrů platil zlatý řez, by se rozměry musely změnit přibližně o 1 mm. Tento rozměr je tak nepatrný, že jednak neovlivní celkové padnutí oděvu ani jeho vzhled. Taktéž se může jednat o chybu měření. Proto pro tohoto probanda není zhotovena úprava. Proband 26, jehož výška postavy je 169 cm, je u obou poměrů odchýlen výrazněji. Porovnání jednotlivých rozměrů naměřených na postavě tohoto probanda s rozměry vypočtenými dle Zeisingova systému je vyjádřeno v tabulce 17.

**Tabulka 13: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámské halenky a porovnání rozměrů naměřených na postavě probanda 26 s rozměry vycházejícími ze Zeisingova systému**

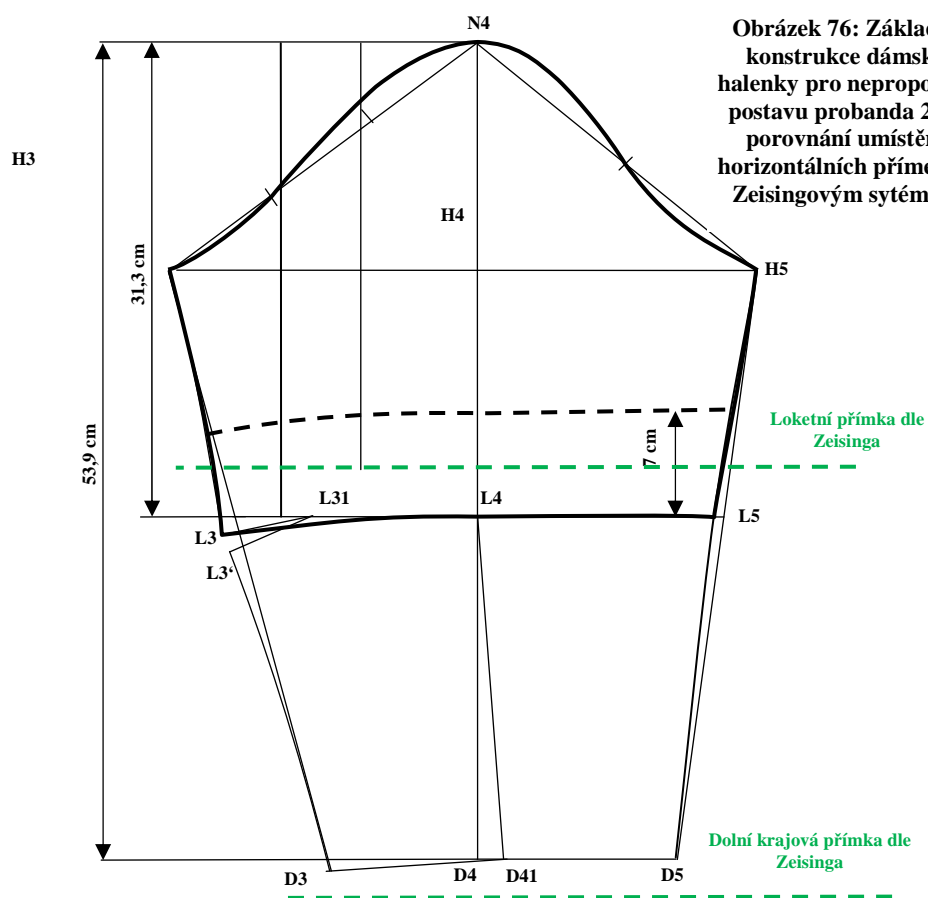
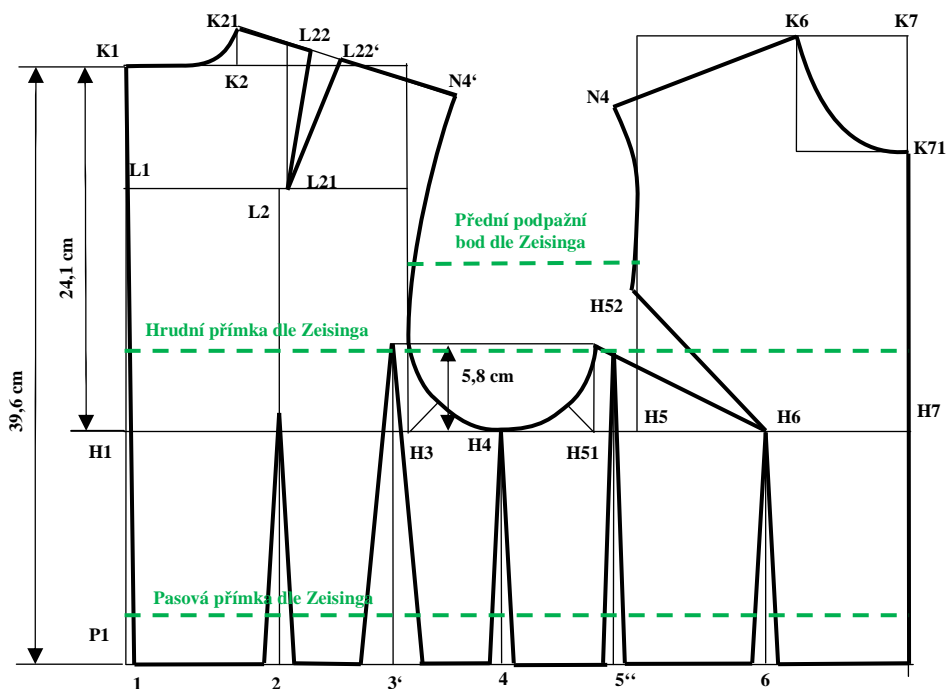
Rozměr	Konstrukční úsečka	Vzorec vyjádřený počtem dílků (jeden dílek pro výšku postavy 169 = 0,169 cm)	Kontrolní výpočet [cm]	Rozměr naměřený na postavě [cm]	Odchýlení od Zeisingova systému [cm]
Délka zad	K1 P1	214,8	36,3	39,6	-3,3
Hrudní přímka	K1 H1	111,4	18,8	24,1	-5,3
Výška předního podpažního bodu	H51 H52	34,4	5,8	5,8	-
Délka rukávu (od ramenního bodu k zápěstnímu na malíkové straně)	N4 D4	334	56,4	53,9	2,5
Výška lokte	N4 L4	167	28,2	31,3	-3,1

Po sestrojení konstrukce (viz obrázek 76) dle daných rozměrů je zřejmé, že trupová část je u tohoto probanda poněkud delší, ale horní končetiny jsou kratší a to zejména v předloktí (tento problém má 21 probandů ze souboru zabývajících se poměřování délek horní končetiny – poměry C7/M7 a M7/m7). Hlavním úkolem úpravy je tedy optické zkrácení paže (tím dosáhnout efektu delšího předloktí) pomocí ozdobné manžety v dolním kraji rukávu v tmavší barvě než rukáv samotný. Dalším cílem úpravy je opticky zkrátit trup pomocí různobarevné kombinace použitých materiálů, kdy základ bude světlejší než dolní pasový díl. Postup modelace trupové části je stejný jako u proporční postavy (dolní pasový díl PD i ZD bude o něco užší z důvodu níže položeného prsního bodu). Celkový vzhled oděvu vyjadřuje obrázek 77.

Členění dolní části rukávu pro vytvoření ozdobné manžety, jejíž šířka je 7 cm, je zhotovené v základní konstrukci rukávu. Tato manžeta je hladká, dvojitá (vrchní je podlepená



termoplastickou výztužnou vložkou). Začišťuje dolní kraj rukávu. Švové záložky jsou po jejím všití do rukávu zapraveny zahnutím do manžety a prošitím po lícní straně manžety.



Obrázek 76: Základní konstrukce dámské halenky pro neproporční postavu probanda 26 a porovnání umístění horizontálních přímek se Zeisingovým systémem



Obrázek 77: Návrh výrobku s technickým nákresem pro neproporční postavu probanda 26

## 6 ZÁVĚR

Při zpracování rešeršní části bylo zjištěno spousta faktů o zlatém řezu, které se mylně šíří ve většině publikací. Například tvrzení, že Leonardo da Vinci využíval ve své tvorbě záměrně zlatý řez. Dále byl zjištěn fakt, že české zdroje opomíjí druhý zlatý trojúhelník, tzv. „Zlatý gnómon“. Pro tento rovnoramenný trojúhelník (s úhly, 36, 36 a 108°) platí, že poměr přepony k délce strany je ve zlatém řezu.

Jak již bylo řečeno, o zlatém řezu je vedeno mezi odborníky mnoho spekulací. Po shrnutí poznatků, které vznikly při zpracování rešeršní části práce, jsem dospěla k názoru, že spousta tvrzení o zlatém řezu jsou neopodstatněné. Přesto si myslím, že teorie o zlatém řezu je velmi zajímavá a je velká škoda, že ve společnosti nejen laické není rozšířen.

Somatometrický průzkum byl sestaven na základě Zeisingova systému, který vychází z členění výšky lidské postavy pomocí zlatého řezu. Vzniklé vzdálenosti jsou při tom členěny opakovaně stejným způsobem. Pro snadnější orientaci Zeising rozdělil výšku postavy na 1000 dílků. Po rozčlenění výšky postavy zlatým poměrem lze tedy odvodit jednotlivé vzdálenosti na lidské postavě (tyto vzdálenosti jsou ohraničené antropometrickými body nebo body, které vycházejí z anatomie člověka) určitým počtem dílků. Na základě tohoto systému byl sestaven experiment tak, aby měřené hodnoty měly význam pro tvorbu konstrukce oděvu. Při měření byly měřené výšky k jednotlivým bodům a z nich byly následně vypočítané jednotlivé vzdálenosti.

Z opakovaného členění výšky postavy zlatým řezem vyplývá, že jednotlivé měřené výšky by měly mít přímou závislost na výšce postavy. Proto byla v experimentální části zhotovena studie, která analyzovala závislosti jednotlivých výšek na výšce postavy.

Jak bylo uvedeno v diskusi, viz kapitola 4.2.1, všechny závislosti vyšly pozitivně. Zajímavým faktem je, že čím byla posuzovaná výška níže, tím se snižovala její závislost na výšce postavy. Nejnižší korelační závislost na vp byla zjištěna u výšky pod kolenem. Korelační koeficient je u této závislosti o velikosti 0,465, což je stále pozitivní závislost. Při porovnání s korelačním koeficientem závislosti výšky 7. krčního obratle na výšce postavy (jehož hodnota je nejvyšší a rovná se hodnotě 0,975) je však podstatně nižší. Pro vysvětlení tohoto jevu nebylo nalezeno žádné pravidlo.

Druhá část experimentální části se zabývá statistickým vyhodnocením poměrů vzdáleností souborů 30 probandů, jehož sestavení bylo zhotoveno na základě Zeisingova systému. Základem pro toto vyhodnocení bylo poměřování vzdáleností, mezi kterými by mělo platit pravidlo zlatého řezu (poměr celku k delší části je roven poměru delší části ke kratší). Tyto poměry byly sestaveny celkem pro 10 celků (10 souborů o 30 hodnotách). Pro všechny tyto soubory byl vyhodnocen aritmetický průměr, směrodatná odchylka, variační koeficient, rozpětí a interval spolehlivosti.

Nejvíce odchýlenými soubory, jejichž aritmetické průměry byly nejvíce nad a pod hodnotou zlatého řezu, se týkají horních a dolních končetin. Celkově mají horní i dolní končetiny tendenci se zkracovat. Jak je uvedeno v diskusi k experimentální části v kapitole 4.2.1, toto zkracování může být způsobeno vývojem populace, kdy přestože populace stále roste, končetiny se vyvíjejí podstatně pomaleji. Tento jev může být dán současným životním stylem, kdy dolní i horní končetiny nejsou tak využívány jako dřív a tudíž dochází k jejich pomalejšímu vývoji.

Po shrnutí výsledků experimentální části je zřejmé, že zlatý řez v proporcionalitě lidského těla je jen obrazný. Je sice faktem, že poměry se pohybovaly v blízkosti zlatého řezu. Ale při přepočtení nejvíce odchýlených probandů od zlatého řezu na cm se tyto odchylky pohybují od několika mm až do 7cm (tato odchylka je u souboru poměřující vzdálenosti od temene hlavy k pupíku a od pupíku k základní rovině. Pro platnost zlatého řezu, by umístění pupíku na postavě muselo být o 7 cm výše). Dle mého názoru je tedy zlatý řez pro určování jednotlivých tělesných rozměrů pouze orientační. Jeho využití je tedy možné jen v oborech, kde není kladen důraz na přesnost (například v architektuře a v navrhování interiérů).

V závěru práce je zhotovená kolekce dvou oděvů (každý z nich ve dvou barevných variantách) pro proporční postavu. U těchto oděvů je zlatý řez využit v konstrukci (výpočet výškových rozměrů vychází ze Zeisingova systému) a v modelaci. Následně jsou tyto oděvy upravené na odchýlené probandy (jejich výběr byl zhotoven na základě statistické analýzy) tak, aby ve výsledku tyto postavy vypadaly proporčně. Výsledný dojem byl dosažen pomocí estetických pravidel, které opticky upravují nedokonalosti.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ATALAY, Bülent . *Math and the Mona Lisa : The Art and Science of Leonardo da Vinci*. [s.l.] : Smithsonian Books, 2004. xix, 282s s.

COSTIESCU GHYKA, Matila. *Zlaté číslo: aneb jak pythagorovské rytmy a obřady ovlivnily vývoj západní civilizace*. Praha: Argo/ Dokořán, 2008. 415s. ISBN 978-80-7203-926-200-7.

DUNLAP, Richard. *The Golden Ratio and Fibonacci Numbers*. Singapore : World Scientific Publishing , c1997. 162 s. ISBN 9810232640.

GHYKA, Mathyla. *The geometry of art and life*. New York: Dover Publications, Inc., 1977. xvii, 197s s. ISBN 0-486-23542-4.

HÉGR, Miloslav. *Výstavba obrazu z výtvarného hlediska*. Praha: Výtvarný odbor Umělecké besedy v Praze, 1944. 25s., obrazová část 17s.

HERZ-FISCHLER, Roger. *A mathematical history of the golden number*. Dover ed. Mineola, N.Y.: Dover Publications, 1998, 195 s. ISBN 04-864-0007-7.

CHMELÍKOVÁ, Vlasta. *Zlatý řez nejen v matematice* [online]. Katedra didaktiky matematiky MFF UK: MATFYZPRESS, 2009 [cit. 2011-09-18]. Dostupné z WWW: <http://dml.cz/handle/10338.dmlcz/400789>>. ISBN 978-80-7378-078-4.

ČSN 80 00 90. *Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek*. květen 1993.

KERNOVÁ MUDR. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV PRAHA. *Nadváha a obezita u populace v ČR*. Praha: Tisková konference, 30.7. 2010. Dostupné z: [http://www.vychovakezdravi.cz/download/file/V%C3%BD%C5%BEiva/TK\\_obezita\\_Jul10.p](http://www.vychovakezdravi.cz/download/file/V%C3%BD%C5%BEiva/TK_obezita_Jul10.pdf)  
df

KOLEKTIV KATEDRY ODĚVNICTVÍ. *Konstrukce základních druhů oděvů: text ke cvičení*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Textilní fakulta, 2003. ISBN 80-708-3682-2.

KOS, Jaroslav. *Anatomie člověka pro výtvarníky*. 1. vyd. Praha: Aventinum, 1996, 168 s. ISBN 80-852-7798-0.

KOVAŘÍK, Martin. *Antropometrický výzkum dospělé populace a jeho aplikace v oblasti interiéru a architektury*. Brno, 2011. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=43720](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=43720). Disertační. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce prof. Ing. arch. Jiljí Šindlarovi, CSc.

LE CORBUSIER. *El Modulor: Ensayo sobre una medida armonica a la escala humana aplicable universalmente a la arquitectura y a la mecanica*. Segunda edición. Buenos Aires: EDITORIAL POSEIDON, 1961.

LIVIO, Mario. *Zlatý řez: Příběh Fí, nejpodivuhodnějšího čísla na světě*. 1. vydání v českém jazyce. Praha: Dokořán, Argo, 2006. 255 s. ISBN 80-7363-064-8 (Dokořán), ISBN:80-7203-808-7(Argo).

NEUFERT, Ernst a Peter NEUFERT. *Architects' Data*. 3rd ed. Malden, MA: Blackwell Science, 2000, 636 s. ISBN 06-320-5771-8.

OLSEN, Scott. *Záhadný zlatý řez: Největší tajemství přírody*. První překlad v ČJ. Praha: Dokořán, 2009. 68 s. ISBN 978-80-7363-195-6.

REKTORYS, Karel. A SPOL. *Přehled užití matematiky*. čtvrté, nezměněné vydání. Praha: SNTL, 1981. ISBN 0-444-98937-4.

SHARP, John. *Spirals and the Golden Section*. *Nexus Network Journal* [online]. 2002, roč. 4, č. 1, s. 59-82 [cit. 2012-03-11]. ISSN 1590-5896. DOI: 10.1007/s00004-001-0005-x. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00004-001-0005-x>

TOMOKO, Nakamichi. *Pattern magic* 2. English ed. London: Laurence King Publishing, 2010. ISBN 18-566-9706-1. WALSER, Hans. *The Golden Section*. USA : The Mathematical Association of America , c2001. 142 s. ISBN 0-8835-534-8.

W. STORY, William. *Proportions of the human figure, according to a new canon, for practical use: with a critical notice of the canon of polycletus, and of the principal ancient and modern system*. London: Champan and Hall, 1864, 66s. Dostupné z WWW: [http://ia700306.us.archive.org/load\\_djvu\\_applet.php?file=32/items/proportionshuma00storgoog/proportionshuma00storgoog.djvu](http://ia700306.us.archive.org/load_djvu_applet.php?file=32/items/proportionshuma00storgoog/proportionshuma00storgoog.djvu)

ZEISING, A. *Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers, aus einem bisher unerkannt gebliebenen, die ganze Natur und Kunst durchdringenden morphologischen Grundgesetze entwickelt und mit einer vollständigen historischen Uebersicht der bisherigen Systeme*. Leipzig: Weigel, 1854. Dostupné z WWW: <http://www.archive.org/stream/neuelehrevondenp00zeis#page/n7/mode/2up>

ZRZAVÝ. *Anatomie pro výtvarníky*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1977, 400 s.

## POUŽITÉ WEBOVÉ STRÁNKY

[1] Perfect proportion The 'golden ratio,' a source of intrigue for centuries, continues debate over whether a number can explain life and how we appreciate art. In *Databáze: ProQuest Central* [online]. Denver, Colo., USA: Denver Post, Jun 12, 2005 [cit. 2011-06-10]. Dostupné z WWW: <http://proquest.mlp.cz/docview/410808267?accountid=16579>>. ISSN 19302193.

[2] MAY, Mike. Did Mozart use the golden section?. In *Databáze: ProQuest Central* [online]. USA: Sigma XI-The Scientific Research Society, 1996 [cit. 2011-10-11]. Dostupné z WWW: <http://proquest.mlp.cz/docview/215265698?accountid=16579>>. ISSN 00030996.

[3] Konstrukce dámské halenky: Literatura: NAKAMICHI TOMAKO, PATTERN MAGIC. In: *Studijní materiály KOD* [online]. [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: [http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Kso/doc/hal\\_pril\\_japonka.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Kso/doc/hal_pril_japonka.pdf)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdělení úsečky zlatým řezem .....	13
Obrázek 2: Rozmístění větviček na větvi po pomyslné šroubovici (Livio, 2006) .....	14
Obrázek 3: Spirály vytvářející se semínky slunečnic a dílky na povrchu ananasu (A. Dunlap, 1997) .....	15
Obrázek 4: Vliv divergenčního úhlu na rozmístění spirál semínek slunečnic (Olsen, 2009) .....	15
Obrázek 5: Mořská hvězdice (Olsen, 2009) .....	16
Obrázek 6: Snímek znázorňující překrývání desetiúhelníkových obrazců vzniklý při ostřelování kvazikrystalu a snímek kaskádovité struktury na slitině získaný rastrovací tunelovou mikroskopií .....	19
Obrázek 7: Znázornění rozdělení úsečky zlatým řezem včetně popisu jednotlivých částí.....	20
Obrázek 8: Znázornění vypočtených velikostí jednotlivých částí na úsečce, kdy velikost celé úsečky byla zvolena za jednotkovou .....	21
Obrázek 9: Znázornění vypočtených velikostí jednotlivých částí na úsečce, kdy velikost delší části úsečky byla zvolena za jednotkovou .....	22
Obrázek 10: Znázornění vypočtených velikostí jednotlivých částí na úsečce, kdy velikost kratší části úsečky byla zvolena za jednotkovou .....	22
Obrázek 11: Spojitost Pascalova trojúhelníku s Fibonacciho posloupností (Walser, c2001) .....	27
Obrázek 12: Speciální kružítko sloužící ke konstrukci zlatého řezu (Hégr, 1944) .....	28
Obrázek 13: První způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	29
Obrázek 14: Druhý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	29
Obrázek 16: Čtvrtý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	30
Obrázek 15: Třetí způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	30
Obrázek 17: Pátý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	31
Obrázek 18: Šestý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	31
Obrázek 19: Sedmý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	32
Obrázek 20: Osmý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	33
Obrázek 21: Devátý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	33
Obrázek 22: Desátý způsob konstrukce tvorby zlatého řezu .....	34
Obrázek 23: Konstrukce zlatého řezu pomocí překládání papíru .....	34
Obrázek 24: Zobrazení člověka jako mikrokosmos podle Heinricha Corneliua z Nettesheimu (Ghyka, 2008) .....	35
Obrázek 25: Odřejův kříž od Leonarda da Vinciho (Atalay, 2004) .....	36
Obrázek 26: Členění výšky lidského těla Zeisingovým systémem (Zeising, 1854) .....	37
Obrázek 27: Tvorba modulu (Le Corbusier, 1961) .....	39
Obrázek 28: Modulor pro výšku 175 cm a 183 cm s vyznačením červené a modré řady čísel (Le Corbusier, 1961) .....	39
Obrázek 29: Lidské tělo v různých polohách dle Moduloru (Le Corbusier, 1961) .....	40
Obrázek 30: Systém členění lidské postavy dle Ernsta Neuferta .....	41
Obrázek 31: Rentgenový snímek zraněného lovce z roku 1896 (Atalay, 2004) .....	42
Obrázek 32: Rozvinutí horizontálních a vertikálních čar z 3D do 2D (kolektiv KOD 2003) .....	43
Obrázek 33: Oddělení čtverce AEFD ze zlatého obdélníku ABCD, vznik nového zlatého obdélníku EBCF .....	44
Obrázek 34: Postupné oddělování čtverců od zlatých obdélníků. ....	45
Obrázek 35: Zlatý obdélník členěný úhlopříčkou rozčleněnou kolmicemi z protějších bodů .....	46
Obrázek 36: Postup členění zlatého obdélníku pomocí úhlopříček (Walser, c2001).....	46
Obrázek 37: Zlatý trojúhelník s ostrým vrcholem .....	47
Obrázek 38: Zlatý trojúhelník s tupým vrcholem .....	47
Obrázek 39: Postupné oddělování trojúhelníků od zlatých trojúhelníků .....	48
Obrázek 40: Zlatá spirála vytvořená pomocí postupného vkládání zlatých obdélníků .....	50
Obrázek 41: Zlaté spirály vytvořené pomocí postupného vkládání zlatých trojúhelníků .....	51
Obrázek 42: Pravidelný pětiúhelník s kružnicí vepsanou a opsanou .....	51
Obrázek 43: Sestrojení pětiúhelníku s jeho úhlopříčkami jedním tahem .....	51
Obrázek 44: Pravidelný desetiúhelník .....	52
Obrázek 45: Zobrazení měřených výšek na probandovi .....	55
Obrázek 46: Vyznačení délek $C_1$ , $M_1$ a $m_1$ na lidské postavě. ....	73
Obrázek 47: Vyznačení délek $C_2$ , $M_2$ a $m_2$ na lidské postavě .....	74
Obrázek 48: Vyznačení délek $C_3$ , $M_3$ a $m_3$ na lidské postavě .....	75
Obrázek 49: Vyznačení délek $C_4$ , $M_4$ a $m_4$ na lidské postavě .....	76



Obrázek 50: Vyznačení délek C5, M5 a m5 na lidské postavě .....	77
Obrázek 51: Vyznačení délek C6, M6 a m6 na lidské postavě .....	78
Obrázek 52: Vyznačení délek C7, M7 a m7 na lidské postavě .....	79
Obrázek 53: Vyznačení délek C8, M8 a m8 na lidské postavě .....	80
Obrázek 54: Vyznačení délek C9, M9 a m9 na lidské postavě .....	81
Obrázek 55: Vyznačení délek C10, M10 a m10 na lidské postavě .....	82
Obrázek 56: Návrh kalhot .....	87
Obrázek 57: Technický nákres dámských kalhot pro proporční postavu.....	88
Obrázek 58: Barevné varianty kalhot pro proporční postavu a charakteristika použitého oděvního materiálu .....	89
Obrázek 59: Základní konstrukce dámských kalhot pro proporční postavu s využitím Zeisingova systému .....	91
Obrázek 60: Střihová úprava a rozčlenění střihových dílů dámských kalhot pro proporční postavu s využitím zlatého poměru při členění .....	92
Obrázek 61: Modelace pravého střihového PD z vrchového materiálu dámských kalhot pro proporční postavu s využitím zlatého úhlu při rozevření PD .....	93
Obrázek 62: Modelace levého střihového PD z vrchového materiálu dámských kalhot pro proporční postavu s využitím zlatého úhlu při rozevření PD .....	94
Obrázek 63: Modelace ZD, pasových podsádek a bočního kapsového dílku z vrchového materiálu dámských kalhot pro proporční postavu .....	95
Obrázek 64: Návrh halenky .....	96
Obrázek 65: Technický nákres dámské halenky pro proporční postavu .....	97
Obrázek 66: Barevné varianty dámské halenky pro proporční postavu a charakteristika použitého oděvního materiálu .....	98
Obrázek 67: Základní konstrukce dámské přiléhavé halenky pro proporční postavu s využitím Zeisingova systému .....	100
Obrázek 68: Střihová úprava a rozčlenění střihových dílů dámské halenky pro proporční postavu s využitím zlatého poměru a zlatého úhlu při členění .....	101
Obrázek 69: Modelace střihových dílů dámské halenky z vrchového materiálu pro proporční postavu	102
Obrázek 70: Základní konstrukce dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 18 a porovnání umístění horizontálních přímk se Zeisingovým systémem .....	105
Obrázek 71: Návrh výrobku s technickým nákresem pro neproporční postavu probanda 18 .....	106
Obrázek 72: Střihová úprava a rozčlenění střihových dílů dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 18 s využitím zlatého poměru při členění .....	107
Obrázek 73: Základní konstrukce dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 28 a porovnání umístění horizontálních přímk se Zeisingovým systémem .....	109
Obrázek 74: Návrh výrobku s technickým nákresem pro neproporční postavu probanda 28 .....	110
Obrázek 75: Střihová úprava a rozčlenění střihových dílů dámských kalhot pro neproporční postavu probanda 28 s využitím zlatého poměru při členění .....	111
Obrázek 76: Základní konstrukce dámské halenky pro neproporční postavu probanda 26 a porovnání umístění horizontálních přímk se Zeisingovým systémem .....	113
Obrázek 77: Návrh výrobku s technickým nákresem pro neproporční postavu probanda 26 .....	114

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Čísla Fibonacciho posloupnosti .....	26
Tabulka 2: Lucasova řada čísel včetně jejich výpočtu (Olsen, 2009) .....	27
Tabulka 3: Statistické vyhodnocení poměrů $C1/M1$ a $M1/m1$ .....	73
Tabulka 4: Statistické vyhodnocení poměrů $C2/M2$ a $M2/m2$ .....	74
Tabulka 5: Statistické vyhodnocení poměrů $C3/M3$ a $M3/m3$ .....	75
Tabulka 6: Statistické vyhodnocení poměrů $C4/M4$ a $M4/m4$ .....	76
Tabulka 7: Statistické vyhodnocení poměrů $C5/M5$ a $M5/m5$ .....	77
Tabulka 8: Statistické vyhodnocení poměrů $C6/M6$ a $M6/m6$ .....	78
Tabulka 9: Statistické vyhodnocení poměrů $C7/M7$ a $M7/m7$ .....	79
Tabulka 10: Statistické vyhodnocení poměrů $C8/M8$ a $M8/m8$ .....	80
Tabulka 11: Statistické vyhodnocení poměrů $C9/M9$ a $M9/m9$ .....	81
Tabulka 12: Statistické vyhodnocení poměrů $C10/M10$ a $M10/m10$ .....	83
Tabulka 13: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámských kalhot .....	90
Tabulka 14: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámské přiléhavé halenky .....	99
Tabulka 15: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámských kalhot a porovnání rozměrů naměřených na postavě probanda 18 s rozměry vycházejícími ze Zeisingova systému .....	104
Tabulka 16: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámských kalhot a porovnání rozměrů naměřených na postavě probanda 18 s rozměry vycházejícími ze Zeisingova systému .....	108
Tabulka 17: Rozdíly v pracovním postupu konstrukce dámské halenky a porovnání rozměrů naměřených na postavě probanda 26 s rozměry vycházejícími ze Zeisingova systému .....	112

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Závislost výšky 7. Krčního obratle na výšce postavy .....	62
Graf 2: Závislost výšky předního krčního bodu na výšce postavy .....	62
Graf 3: Závislost výšky předního podpažního bodu na výšce postavy .....	63
Graf 4: Závislost výšky prsního bodu na výšce postavy .....	63
Graf 5: Závislost výšky konce hrudní kosti na výšce postavy .....	64
Graf 6: Závislost výšky nejnižší části nepravého žebra na výšce postavy .....	64
Graf 7: Závislost výšky pasu na výšce postavy .....	65
Graf 8: Závislost výšky pupíku na výšce postavy .....	65
Graf 9: Závislost výšky rozkroku na výšce postavy .....	66
Graf 10: Závislost výšky nad kolenem na výšce postavy .....	66
Graf 11: Závislost výšky kolene na výšce postavy .....	67
Graf 12: Závislost výšky pod kolenem na výšce postavy .....	67
Graf 13: Závislost výšky ramene na výšce postavy .....	68
Graf 14: Závislost výšky lokte na výšce postavy .....	68
Graf 15: Závislost výšky zápěstního bodu na malíkové straně na výšce postavy .....	69
Graf 16: Závislost výšky konce nejdelšího prstu na výšce postavy .....	69
Graf 17: Porovnání poměrů $C1/M1$ a $M1/m1$ (osa y) jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	74
Graf 18: Porovnání poměrů $C2/M2$ a $M2/m2$ jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	75
Graf 19: Porovnání poměrů $C3/M3$ a $M3/m3$ jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	76
Graf 20: Porovnání poměrů $C4/M4$ a $M4/m4$ jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	77
Graf 21: Porovnání poměrů $C5/M5$ a $M5/m5$ jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	78
Graf 22: Porovnání poměrů $C6/M6$ a $M6/m6$ jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	79
Graf 23: Porovnání poměrů $C7/M7$ a $M7/m7$ (osa y) u jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	80
Graf 24: Porovnání poměrů $C8/M8$ a $M8/m8$ (osa y) jednotlivých probandů s $\phi$ .....	81
Graf 25: Porovnání poměrů $C9/M9$ a $M9/m9$ (osa y) jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	82
Graf 26: Porovnání poměrů $C10/M10$ a $M10/m10$ jednotlivých probandů (osa x) s $\phi$ .....	83

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 – Ověření vlastností zlatého řezu

Příloha 2 – Zeisingův systém

Příloha 3 – Naměřené výšky 30 probandů

Příloha 4 – Poměry délek C/M a M/m mezi antropometrickými a anatomickými body

Příloha 5 - Celkové porovnání poměrů u jednotlivých probandů

## Příloha 1 – ověření vlastností zlatého řezu

a) Ověření vztahu  $\varphi + \tilde{\varphi} = 1$ :

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} + \frac{1-\sqrt{5}}{2} = \frac{2}{2} = 1$$

$1 = 1$ , tedy vztah je pravdivý.

b) Ověření vztahu  $\varphi - \tilde{\varphi} = \sqrt{5}$ :

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} - \frac{1-\sqrt{5}}{2} = \frac{2\sqrt{5}}{2} = \sqrt{5}$$

$\sqrt{5} = \sqrt{5}$ , tedy vztah je pravdivý.

c) Ověření vztahu  $\varphi \cdot \tilde{\varphi} = -1$ :

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} \cdot \frac{1-\sqrt{5}}{2} = \frac{1-5}{4} = -1$$

$-1 = -1$ , tedy vztah je pravdivý.

d) Ověření vztahu  $\varphi^{-1} = \varphi - 1$ :

$$\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^{-1} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} - 1$$

$$\frac{2}{1+\sqrt{5}} \cdot \frac{1-\sqrt{5}}{1-\sqrt{5}} = \frac{-1+\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{2 \cdot (1-\sqrt{5})}{1-5} = \frac{-1+\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{-1+\sqrt{5}}{2} = \frac{-1+\sqrt{5}}{2}, \text{ tedy vztah je pravdivý.}$$

e) Ověření vztahu  $\varphi^2 = \varphi + 1$ :

$$\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^2 = \frac{1+\sqrt{5}}{2} + 1$$

$$\frac{1+2\sqrt{5}+5}{4} = \frac{3+\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{3+\sqrt{5}}{2} = \frac{3+\sqrt{5}}{2}, \text{ tedy vztah je pravdivý.}$$

f) Ověření vztahu  $\tilde{\varphi}^2 = \tilde{\varphi} + 1$ :

$$\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^2 = \frac{1-\sqrt{5}}{2} + 1$$

$$\frac{1-2\sqrt{5}+5}{4} = \frac{3-\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{3-\sqrt{5}}{2} = \frac{3-\sqrt{5}}{2}, \text{ tedy vztah je pravdivý.}$$

g) Ověření vztahu  $\varphi^3 = \frac{\varphi+1}{\varphi-1}$ :

$$\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^3 = \frac{\frac{1+\sqrt{5}}{2}+1}{\frac{1+\sqrt{5}}{2}-1}$$

$$\frac{1+3\sqrt{5}+3.5+5\sqrt{5}}{8} = \frac{3+\sqrt{5}}{-1+\sqrt{5}} \cdot \frac{1+\sqrt{5}}{1+\sqrt{5}}$$

$$\frac{16+8\sqrt{5}}{8} = \frac{8+4\sqrt{5}}{-1+5}$$

$$\frac{8(2+\sqrt{5})}{8} = \frac{4(2+\sqrt{5})}{4}$$

$$2 + \sqrt{5} = 2 + \sqrt{5}, \text{ tedy vztah je pravdivý.}$$

h) Ověření vztahu  $\varphi = \frac{\varphi^3+1}{\varphi^3-1}$ .

(Tento vztah je ekvivalentní vztahu předchozímu. Což znamená, že ze vztahu  $f$  je možné, za pomoci jednoduchých úprav získat vztah  $g$ .)

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^3 + 1}{\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^3 - 1}$$

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{\frac{1+3\sqrt{5}+3.5+5\sqrt{5}}{8} + \frac{8}{8}}{\frac{1+3\sqrt{5}+3.5+5\sqrt{5}}{8} - \frac{8}{8}}$$

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{\frac{8 \cdot (3+\sqrt{5})}{8}}{\frac{8 \cdot (1+\sqrt{5})}{8}}$$

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{3+\sqrt{5}}{1+\sqrt{5}} \cdot \frac{1-\sqrt{5}}{1-\sqrt{5}}$$

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{3-3\sqrt{5}+\sqrt{5}-5}{1-5}$$

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{-2(1+\sqrt{5})}{-4}$$

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{1+\sqrt{5}}{2}, \text{ tedy vztah je pravdivý.}$$

## Příloha 2 – Zeisingův systém

### Členění výšky postavy

Při tvorbě této přílohy bylo čerpáno z literatury (Zeising, 1985; Zrzavý, 1977). Jak již bylo řečeno v kapitole 3.6.3 je výška postavy v tomto systému rozdělená na 1000 dílků, které po členění zlatým řezem, rozčlení výšku postavy na úseky, jejichž délky jsou: 1000,000000; 618,0339887; 381,9660113; 236,0679774; 145,8980339; 90,1699435; 55,7280904; 34,4418531; 21,2862373; 13,1556158; 8,1306215; 5,0249943; 3,1056272; 1,9193671; 1,1862601; 0,7331070.

Zeising ve svém systému na obrázcích vyjadřující členění výšky postavy využívá, pro větší přehlednost, pouze celá čísla a to zejména tyto hodnoty: 90; 55; 34; 21; 13; 8; 5; 3. Členicí přímky, které vznikají členěním výšky lidského těla pomocí zlatého poměru, jsou označené jednotlivými písmeny a je u nich vždy vyobrazená hodnota, která vyjadřuje vzdálenost od předchozí přímky počtem dílků. Přímky procházejí antropometrickými body, které danou přímku charakterizují. Jednotlivé přímky i s počty dílků jsou vidět na obrázku 1 a

jsou následující:

A – temeno hlavy

a – kořínky vlasů uprostřed čela – 21 dílků

b – umístění obočí – 34 dílků

c – konec nosu – 34 dílků

d – konec brady – 34 dílků

E – umístění hrtanu (odpovídá přibližně úrovni 7. krčního obratle) – 21 dílků

f – umístění předního krčního bodu – 34 dílků

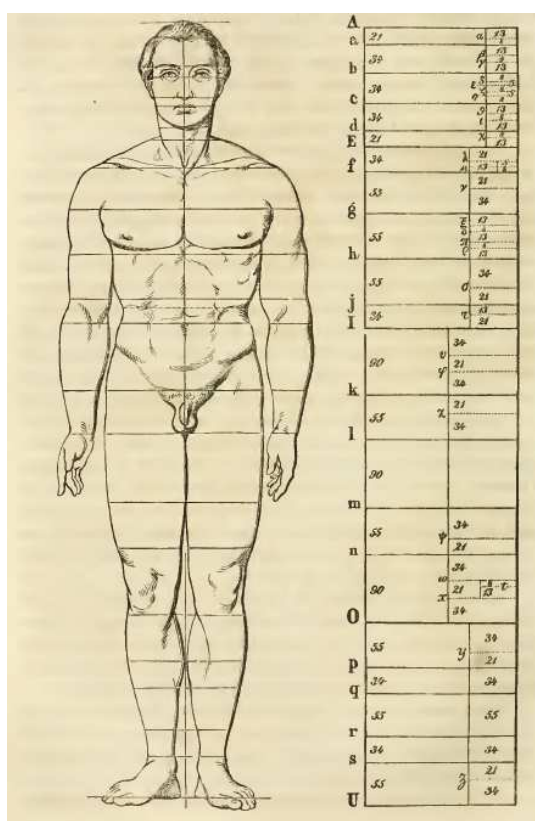
g – umístění předních podpažních bodů – 55 dílků

h – konec hrudní kosti v podobě jejího mečovitého výběžku (solar plexus) – 55 dílků

j – konec posledních nepravých žeber – 55 dílků

I –

umístění pupíku – 34 dílků



**Obrázek 1: Členění výšky postavy Zeisingovým systémem**

kloubu (acetabulum) – 90 dílků

k – umístění stydkého pahorku

odpovídající umístění středu jamky kyčelního

- l – konec hanby (rozkrok) – 55 dílků
- m – konec rukou (konec prostředníčku) – 90 dílků
- n – začátek kolena - 55 dílků
- O – konec kolena – 90 dílků
- p – nejširší část lýtky – 55 dílků
- q – umístění v polovině lýtky – 34 dílků
- r – linie nejužší části lýtky – 55 dílků
- s – umístění vnitřního kotníkového bodu – 34 dílků
- U – rovina země – 55 dílků

Pro tvorbu konstrukce pro trupovou část těla je důležitá přímka procházející středem bradavek, která je od přímky *g* vzdálená 34 dílků a přímka procházející pasem, která je od přímky *j* vzdálená 13 dílků. Pro konstrukci oděvu určenou pro dolní končetiny je důležitá přímka procházející středem kolenní česky, která je od přímky *n* vzdálená 34 dílků.

### Členění délky horní končetiny

Paže je v Zeisingovém systému členěna obdobně jako výška postavy. Celková délka horní končetiny je výsledkem součtu nezaokrouhleného počtu dílků od přímky *f* po přímku *m* z obrázku 1. Tato délka je 437,694 dílků. Ovšem je opět nutné připomenout, že jednotlivé délky nejsou přímé. Po jejím členění zlatým řezem, jak je vidět na obrázku 2 a po zaokrouhlení výsledných hodnot na jedno desetinné místo vznikají tyto vzdálenosti:

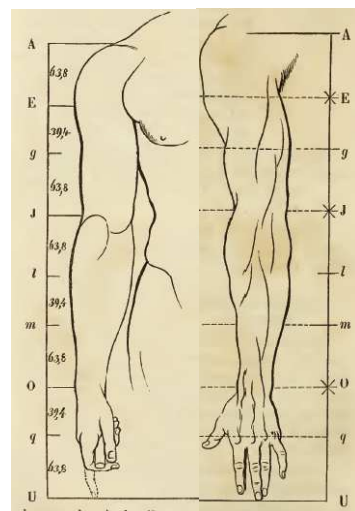
AU – celá délka dolní končetiny (od ramenního bodu ke konci prostředníčku) 437,2 dílků

JU – délka celého předloktí včetně ruky (délka od loketního bodu ke konci prostředníčku) – 270,2

AJ – délka paže (od ramenního bodu k loketnímu bodu) – 167

OU – délka ruky (od zápěstního bodu na malíkové straně ke konci prostředníčku) – 103,2

Bod *q* člení ruku v linii prvních kloubů prostředníčku nebo prsteníčku (kloub mezi metakarpální a proximální kostí). Bod *E* odpovídá přibližně umístění zadního podpažního bodu.

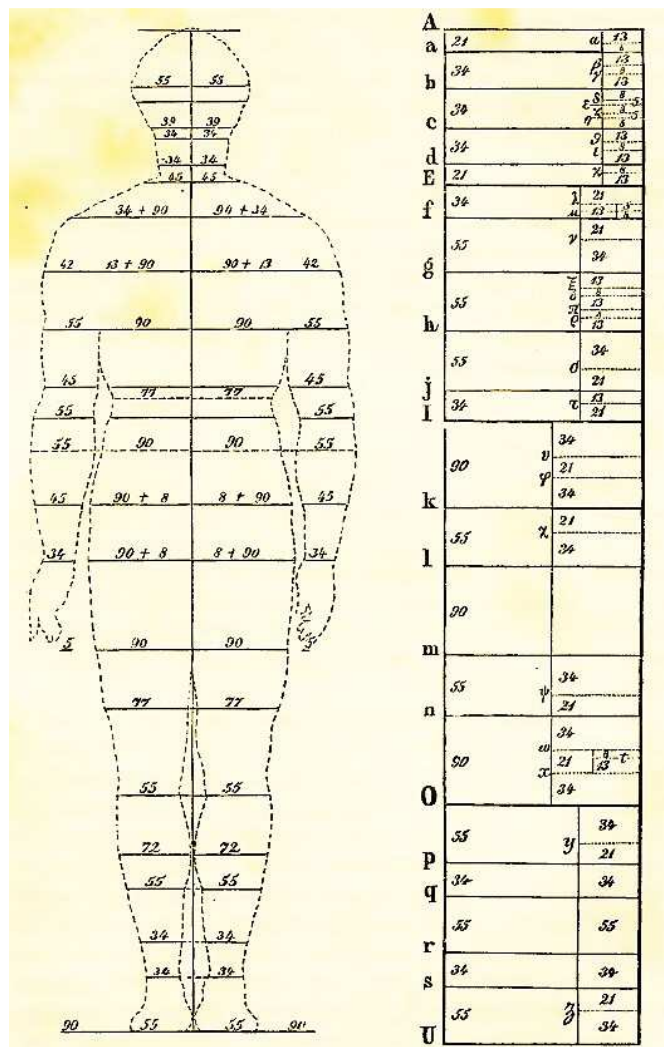


**Obrázek 2 : Členění délky horní končetiny Zeisingovým systémem**

### Členění šířky z čelního pohledu



Čelní šířka je stejně jako výška vyjádřená počtem dílků na příslušných přímkách, které byly použité při výškovém členění. Dle Zeisinga je lidská postava symetrická, takže je členěna pomyslnou osou a počty dílků jsou na levé i pravé straně stejné. Toto členění je vidět na obrázku a na jednotlivých přímkách je následující:



Obrázek 3: 4lenění profilové šířky lidské postavy Zeisingovým systémem

b: 55 dílků

c: 39 dílků

d: 34 dílků

E: 45 dílků

f: 34+90 dílků

g: 42 dílků pro horní končetinu, 13+90 dílků pro trup

h: 55 dílků pro horní končetinu, 90 pro trup

j: 45 dílků pro horní končetinu

I: 55 dílků pro horní končetinu

k: 45 dílků pro horní končetinu, 90+8 dílků pro pánev

l: 34 dílků pro horní končetinu, 90+8 dílků pro pánev

m: 5 dílků pro koneček prstu, 90 dílků pro dolní končetinu

n: 77 dílků pro dolní končetinu

O: 55 dílků pro dolní končetinu

p: 72 dílků pro dolní končetinu

q: 55 dílků pro dolní končetinu

r: 34 dílků pro dolní končetinu

s: 34 dílků pro šíři kotníku

U: 55 dílků pro šíři chodidla

Jako významný rozměr zde uvedu šířku pasu (13 dílků pod přímkou j), která je 77 dílků.

## Členění profilové šířky

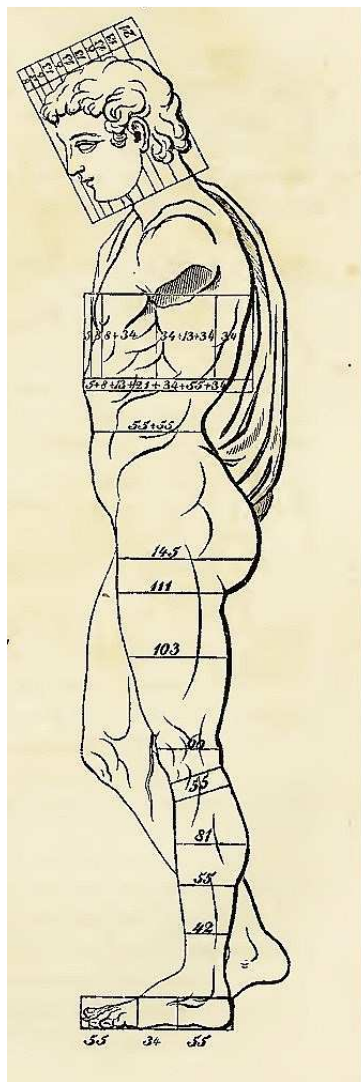
Členění lidské postavy z profilu je složitější než z čelního pohledu, neboť u něj neplatí zákon symetrie. Zeising zde každou část vyjádřil opět počtem dílků, které vycházejí z délkového členění výšky postavy (jeden dílek je tisícina výšky postavy). Hlava je vyjadřována pomocí rovnoběžek, kolmých na krční přímku a procházejícími body, které tuto

přímku charakterizují. Například vzdálenost od špičky nosu ke rtu je 8 dílků, vzdálenost od špičky nosu ke konci nozder nebo konci brady je 13 dílků, vzdálenost od špičky nosu k počátku oka je 21 dílků atd. Profilová šířka hlavy je 124 dílků (měřená od špičky nosu k týlu hlavy) a profilová šířka krku je 60 dílků.

V oblasti trupu je například vzdálenost zakřivení břicha k prsu 5 dílků, vzdálenost od zakřivení břicha k bradavce 13 dílků, vzdálenost od zakřivení břicha k paži 55 dílků, šířka paže je 81 dílků a šířka od zadního konce paže ke konci vystouplosti lopatky je 34 dílků. Šířka pasu je 111 dílků.

V oblasti pánevní a dolních končetin je například šířka v nejširším místě hýždí 145 dílků, šířka dolní končetiny těsně pod hýžděmi je 111 dílků, v místě kolena je šířka dolní končetiny 60 dílků, v nejvystouplejší části lýtky je šířka dolní končetiny 81 dílků, v nejužší části lýtky je šířka 42 dílků a celková šířka chodidla je 144 dílků.

Tento systém je sice velmi podrobný, ale profilové a čelní šířky nevyjadřují rozměry vycházející z povrchu lidského těla, jsou to jen přímé vzdálenosti. Jejich využití tedy není vhodné pro zhotovování konstrukcí oděvů.



Obrázek 3: Členění lidské postavy z profilu Zeisingovým systémem

### Příloha 3 – Naměřené výšky 30 probandů

číslo probanda	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
1	172,8	147,3	140,8	130,3	124,2	120	111,9	109,4	105,5	81,2	53,1	48,4	41,9	140,7	110,6	86,1	69,5
2	175,2	150	142,8	133,6	126,4	121	113,8	110,3	105,2	82,8	55,7	49,9	41,5	143,1	108,8	83,3	64,7
3	173	147,2	138	128,3	123,5	120,6	108,2	105,3	100,9	77,5	53,5	48,6	41,4	140,9	112,5	87,1	71,6
4	158,9	134,6	128,9	116,9	111,9	108,8	99,1	96,1	91,3	72,3	49,4	44,9	37,9	130,9	99,6	77,6	61,9
5	160,6	136,3	129,5	119,3	113,6	109,8	102,3	100,3	97,5	74,9	50,1	46,5	40,5	131,9	100,8	78,6	62,2
6	162,4	136,8	135,3	121,5	115,5	112,2	103,8	101,1	96,5	78,5	55,9	50,7	43,1	134,8	100,8	78,3	61,3
7	165,4	138,8	132,1	122,8	116,9	113,1	104,7	102	98,3	76	52,6	48,9	43,2	136,5	104,5	79,9	62,2
8	161,6	134,3	130,6	119	111,8	107,3	101,5	99,1	95	74,4	50,5	45,1	37,2	130,2	98,9	77	61,1
9	166,5	142,9	136,2	125,2	120	116,6	108	104,8	100,1	78,8	51,1	46,6	40	139	106,9	82,8	65
10	173,8	149,4	141,3	131,8	124,8	120,9	112,9	110,4	106,9	84,3	56,2	49,8	41,5	146,1	112,8	87	67
11	162,5	137,9	131,7	121,7	115,9	112,1	102,7	99,7	94,9	74	49,5	45	39,2	134,4	102,5	77,6	60,1
12	157,9	133,9	128,5	119	112,7	108,3	101,2	99	95,1	73	50,2	45,9	40,5	128,3	99,4	75	58,8
13	163,4	139,1	131,9	121,5	117,3	114,5	101	98,5	93,8	73,6	49,9	45	38	134,3	103,4	80,2	60,3
14	173	147,4	142,1	129,9	123,3	118,3	112,2	109	104,5	82,5	55,2	50,3	42,9	142,3	109,8	87	68,9
15	170,5	146,4	140,3	129	122,8	117,9	110,9	109,4	107	84,6	52,5	49	43,1	140,5	111,2	86	65,4
16	166,3	140,2	132,9	122	117	114	104,3	102,1	98,4	76,1	48	44,9	39,3	136	105,4	83,5	65,9
17	164,2	135,9	131,8	120	116,5	114,1	104,6	101,2	96,3	74,6	49,9	43,3	34,7	133,4	101,8	81,2	65,1
18	165,6	139,8	134,1	122,8	118	114,5	105,4	103,3	100,1	77,9	47,4	42,2	33,6	136,2	106,9	83,8	65,9
19	164,3	138,8	132,7	121,7	115,2	111,1	103,7	101,3	97,8	74	51,9	47,8	41,7	134,5	105,8	82	65
20	166	140	131,9	123,1	116,2	111,7	103,4	101,5	98,1	74,9	49,8	44,5	37,3	135,4	104,7	82,7	64,5
21	167,9	140,5	134,6	125,4	119,2	114,4	110,2	107,5	102,3	79,8	50	47,4	41	136,9	105,5	82,5	65,3
22	162,5	137,6	131,2	121,3	115,2	111,1	104,8	102,3	97,9	79	47,9	45	41,5	134,2	104,5	81	64,9
23	159	134,1	125,1	120	114,1	110,7	103	100,6	96,6	76	48,1	44,1	37,5	133,2	102,1	78,4	61,7
24	164,3	136,4	131,6	120,6	114,7	111,2	104,5	102,4	98,9	77,1	48,7	44,6	39,5	135,2	106,5	82	63,1
25	169,9	144,4	136,1	127,1	120,4	115,4	107,5	105,1	101,4	78,9	50,5	47,2	42	137,7	107	83,3	64,2
26	169	144,2	137,7	125,9	120,1	115,6	107	104,4	99,7	74,6	48,5	45,1	40,1	138,4	107,1	84,5	64,7
27	158,8	131,7	127,5	116,2	109,2	104,6	101,2	98,5	93,5	73,1	47,9	44	38,1	129	99,9	77,5	58,4
28	165,5	140	132,1	123,2	115,9	110,1	104,1	102,1	99,1	74,2	50	46,6	40,5	136,7	104,9	81,8	64,5
29	168,9	143,3	138,2	127,4	120,5	116,5	108,9	105,5	101	78,1	50,2	47,2	41,5	141,4	109	86,4	67,4
30	170,6	144,6	138,7	128,7	122	117,5	107,9	105,5	102	80	51,3	48,7	42,6	142,3	110,8	85,8	64,5

## Příloha 4 – Poměry délek C/M a M/m mezi antropometrickými a anatomickými body

číslo probanda	C1	M1	C1/M1	M1	m1	M1/m1
1	172,8	105,5	1,638	105,5	67,3	1,568
2	175,2	105,2	1,665	105,2	70	1,503
3	173	100,9	1,715	100,9	72,1	1,399
4	158,9	91,3	1,740	91,3	67,6	1,351
5	160,6	97,5	1,647	97,5	63,1	1,545
6	162,4	96,5	1,683	96,5	65,9	1,464
7	165,4	98,3	1,683	98,3	67,1	1,465
8	161,6	95	1,701	95	66,6	1,426
9	166,5	100,1	1,663	100,1	66,4	1,508
10	173,8	106,9	1,626	106,9	66,9	1,598
11	162,5	94,9	1,712	94,9	67,6	1,404
12	157,9	95,1	1,660	95,1	62,8	1,514
13	163,4	93,8	1,742	93,8	69,6	1,348
14	173	104,5	1,656	104,5	68,5	1,526
15	170,5	107	1,593	107	63,5	1,685
16	166,3	98,4	1,690	98,4	67,9	1,449
17	164,2	96,3	1,705	96,3	67,9	1,418
18	165,6	100,1	1,654	100,1	65,5	1,528
19	164,3	97,8	1,680	97,8	66,5	1,471
20	166	98,1	1,692	98,1	67,9	1,445
21	167,9	102,3	1,641	102,3	65,6	1,559
22	162,5	97,9	1,660	97,9	64,6	1,515
23	159	96,6	1,646	96,6	62,4	1,548
24	164,3	98,9	1,661	98,9	65,4	1,512
25	169,9	101,4	1,676	101,4	68,5	1,480
26	169	99,7	1,695	99,7	69,3	1,439
27	158,8	93,5	1,698	93,5	65,3	1,432
28	165,5	99,1	1,670	99,1	66,4	1,492
29	168,9	101	1,675	101	67,9	1,487
30	170,6	102	1,673	102	68,6	1,487
$\bar{x}$			1,675			1,486
R			0,001			0,005
s			0,032			0,071
v			1,910			4,778
Rmin-Rmax			1,593-1,742			1,348-1,685

číslo probanda	C2	M2	C2/M2	M2	m2	M2/m2
1	67,3	41,8	1,610	41,8	25,5	1,639
2	70	44,8	1,563	44,8	25,2	1,778
3	72,1	46,3	1,557	46,3	25,8	1,795
4	67,6	43,3	1,561	43,3	24,3	1,782
5	63,1	38,8	1,626	38,8	24,3	1,597
6	65,9	40,3	1,635	40,3	25,6	1,574
7	67,1	40,5	1,657	40,5	26,6	1,523
8	66,6	39,3	1,695	39,3	27,3	1,440
9	66,4	42,8	1,551	42,8	23,6	1,814
10	66,9	42,5	1,574	42,5	24,4	1,742
11	67,6	43	1,572	43	24,6	1,748
12	62,8	38,8	1,619	38,8	24	1,617
13	69,6	45,3	1,536	45,3	24,3	1,864
14	68,5	42,9	1,597	42,9	25,6	1,676
15	63,5	39,4	1,612	39,4	24,1	1,635
16	67,9	41,8	1,624	41,8	26,1	1,602
17	67,9	39,6	1,715	39,6	28,3	1,399
18	65,5	39,7	1,650	39,7	25,8	1,539
19	66,5	41	1,622	41	25,5	1,608
20	67,9	41,9	1,621	41,9	26	1,612
21	65,6	38,2	1,717	38,2	27,4	1,394
22	64,6	39,7	1,627	39,7	24,9	1,594
23	62,4	37,5	1,664	37,5	24,9	1,506
24	65,4	37,5	1,744	37,5	27,9	1,344
25	68,5	43	1,593	43	25,5	1,686
26	69,3	44,5	1,557	44,5	24,8	1,794
27	65,3	38,2	1,709	38,2	27,1	1,410
28	66,4	40,9	1,623	40,9	25,5	1,604
29	67,9	42,3	1,605	42,3	25,6	1,652
30	68,6	42,6	1,610	42,6	26	1,638
$\bar{x}$			1,622			1,620
R			0,003			0,018
s			0,054			0,136
v			3,329			8,395
Rmin-Rmax			1,536-1,744			1,344-1,864

číslo probanda	C4	M4	C4/M4	M4	m4	M4/m4
1	10,3	6,1	1,689	6,1	4,2	1,452
2	12,6	7,2	1,750	7,2	5,4	1,333
3	7,7	4,8	1,604	4,8	2,9	1,655
4	8,1	5	1,620	5	3,1	1,613
5	9,5	5,7	1,667	5,7	3,8	1,500
6	9,3	6	1,550	6	3,3	1,818
7	9,7	5,9	1,644	5,9	3,8	1,553
8	11,7	7,2	1,625	7,2	4,5	1,600
9	8,6	5,2	1,654	5,2	3,4	1,529
10	10,9	7	1,557	7	3,9	1,795
11	9,6	5,8	1,655	5,8	3,8	1,526
12	10,7	6,3	1,698	6,3	4,4	1,432
13	7	4,2	1,667	4,2	2,8	1,500
14	11,6	6,6	1,758	6,6	5	1,320
15	11,1	6,2	1,790	6,2	4,9	1,265
16	8	5	1,600	5	3	1,667
17	5,9	3,5	1,686	3,5	2,4	1,458
18	8,3	4,8	1,729	4,8	3,5	1,371
19	10,6	6,5	1,631	6,5	4,1	1,585
20	11,4	6,9	1,652	6,9	4,5	1,533
21	11	6,2	1,774	6,2	4,8	1,292
22	10,2	6,1	1,672	6,1	4,1	1,488
23	9,3	5,9	1,576	5,9	3,4	1,735
24	9,4	5,9	1,593	5,9	3,5	1,686
25	11,7	6,7	1,746	6,7	5	1,340
26	10,3	5,8	1,776	5,8	4,5	1,289
27	11,6	7	1,657	7	4,6	1,522
28	13,1	7,3	1,795	7,3	5,8	1,259
29	10,9	6,9	1,580	6,9	4	1,725
30	11,2	6,7	1,672	6,7	4,5	1,489
$\bar{x}$			1,669			1,511
R			0,005			0,025
s			0,07			0,158
v			4,194			10,457
Rmin-Rmax			1,550-1,795			1,259-1,818

číslo probanda	C3	M3	C3/M3	M3	m3	M3/m3
1	41,8	24,8	1,685	24,8	17	1,459
2	44,8	28,4	1,577	28,4	16,4	1,732
3	46,3	27,4	1,690	27,4	18,9	1,450
4	43,3	25,6	1,691	25,6	17,7	1,446
5	38,8	21,8	1,780	21,8	17	1,282
6	40,3	25	1,612	25	15,3	1,634
7	40,5	24,5	1,653	24,5	16	1,531
8	39,3	24	1,638	24	15,3	1,569
9	42,8	25,1	1,705	25,1	17,7	1,418
10	42,5	24,9	1,707	24,9	17,6	1,415
11	43	26,8	1,604	26,8	16,2	1,654
12	38,8	23,9	1,623	23,9	14,9	1,604
13	45,3	27,7	1,635	27,7	17,6	1,574
14	42,9	25,4	1,689	25,4	17,5	1,451
15	39,4	22	1,791	22	17,4	1,264
16	41,8	23,6	1,771	23,6	18,2	1,297
17	39,6	23,7	1,671	23,7	15,9	1,491
18	39,7	22,7	1,749	22,7	17	1,335
19	41	23,9	1,715	23,9	17,1	1,398
20	41,9	25	1,676	25	16,9	1,479
21	38,2	23,1	1,654	23,1	15,1	1,530
22	39,7	23,4	1,697	23,4	16,3	1,436
23	37,5	23,4	1,603	23,4	14,1	1,660
24	37,5	21,7	1,728	21,7	15,8	1,373
25	43	25,7	1,673	25,7	17,3	1,486
26	44,5	26,2	1,698	26,2	18,3	1,432
27	38,2	22,7	1,683	22,7	15,5	1,465
28	40,9	24,1	1,697	24,1	16,8	1,435
29	42,3	26,4	1,602	26,4	15,9	1,660
30	42,6	26,7	1,596	26,7	15,9	1,679
$\bar{x}$			1,676			1,488
R			0,003			0,015
s			0,056			0,122
v			3,341			8,199
Rmin-Rmax			1,577-1,791			1,264-1,732

číslo probanda	C5	M5	C5/M5	M5	m5	M5/m5
1	6,4	3,9	1,641	3,9	2,5	1,560
2	8,6	5,1	1,686	5,1	3,5	1,457
3	7,3	4,4	1,659	4,4	2,9	1,517
4	7,8	4,8	1,625	4,8	3	1,600
5	4,8	2,8	1,714	2,8	2	1,400
6	7,3	4,6	1,587	4,6	2,7	1,704
7	6,4	3,7	1,730	3,7	2,7	1,370
8	6,5	4,1	1,585	4,1	2,4	1,708
9	7,9	4,7	1,681	4,7	3,2	1,469
10	6	3,5	1,714	3,5	2,5	1,400
11	7,8	4,8	1,625	4,8	3	1,600
12	6,1	3,9	1,564	3,9	2,2	1,773
13	7,2	4,7	1,532	4,7	2,5	1,880
14	7,7	4,5	1,711	4,5	3,2	1,406
15	3,9	2,4	1,625	2,4	1,5	1,600
16	5,9	3,7	1,595	3,7	2,2	1,682
17	8,3	4,9	1,694	4,9	3,4	1,441
18	5,3	3,2	1,656	3,2	2,1	1,524
19	5,9	3,5	1,686	3,5	2,4	1,458
20	5,3	3,4	1,559	3,4	1,9	1,789
21	7,9	5,2	1,519	5,2	2,7	1,926
22	6,9	4,4	1,568	4,4	2,5	1,760
23	6,4	4	1,600	4	2,4	1,667
24	5,6	3,5	1,600	3,5	2,1	1,667
25	6,1	3,7	1,649	3,7	2,4	1,542
26	7,3	4,7	1,553	4,7	2,6	1,808
27	7,7	5	1,540	5	2,7	1,852
28	5	3	1,667	3	2	1,500
29	7,9	4,5	1,756	4,5	3,4	1,324
30	5,9	3,5	1,686	3,5	2,4	1,458
$\bar{x}$			1,634			1,595
R			0,004			0,027
s			0,065			0,166
v			3,978			10,408
Rmin-Rmax			1,519-1,756			1,324-1,926

číslo probanda	C6	M6	C6/M6	M6	m6	M6/m6
1	105,5	63,6	1,659	63,6	41,9	1,518
2	105,2	63,7	1,651	63,7	41,5	1,535
3	100,9	59,5	1,696	59,5	41,4	1,437
4	91,3	53,4	1,710	53,4	37,9	1,409
5	97,5	57	1,711	57	40,5	1,407
6	96,5	53,4	1,807	53,4	43,1	1,239
7	98,3	55,1	1,784	55,1	43,2	1,275
8	95	57,8	1,644	57,8	37,2	1,554
9	100,1	60,1	1,666	60,1	40	1,503
10	106,9	65,4	1,635	65,4	41,5	1,576
11	94,9	55,7	1,704	55,7	39,2	1,421
12	95,1	54,6	1,742	54,6	40,5	1,348
13	93,8	55,8	1,681	55,8	38	1,468
14	104,5	61,6	1,696	61,6	42,9	1,436
15	107	63,9	1,674	63,9	43,1	1,483
16	98,4	59,1	1,665	59,1	39,3	1,504
17	96,3	61,6	1,563	61,6	34,7	1,775
18	100,1	66,5	1,505	66,5	33,6	1,979
19	97,8	56,1	1,743	56,1	41,7	1,345
20	98,1	60,8	1,613	60,8	37,3	1,630
21	102,3	61,3	1,669	61,3	41	1,495
22	97,9	56,4	1,736	56,4	41,5	1,359
23	96,6	59,1	1,635	59,1	37,5	1,576
24	98,9	59,4	1,665	59,4	39,5	1,504
25	101,4	59,4	1,707	59,4	42	1,414
26	99,7	59,6	1,673	59,6	40,1	1,486
27	93,5	55,4	1,688	55,4	38,1	1,454
28	99,1	58,6	1,691	58,6	40,5	1,447
29	101	59,5	1,697	59,5	41,5	1,434
30	102	59,4	1,717	59,4	42,6	1,394
$\bar{x}$			1,681			1,480
R			0,003			0,020
s			0,059			0,140
v			3,510			9,459
Rmin-Rmax			1,505-1,807			1,239-1,979

číslo probanda	C7	M7	C7/M7	M7	m7	M7/m7
1	63,6	39,3	1,618	39,3	24,3	1,617
2	63,7	41,3	1,542	41,3	22,4	1,844
3	59,5	36,1	1,648	36,1	23,4	1,543
4	53,4	34,4	1,552	34,4	19	1,811
5	57	34,4	1,657	34,4	22,6	1,522
6	53,4	35,4	1,508	35,4	18	1,967
7	55,1	32,8	1,680	32,8	22,3	1,471
8	57,8	37,2	1,554	37,2	20,6	1,806
9	60,1	38,8	1,549	38,8	21,3	1,822
10	65,4	42,8	1,528	42,8	22,6	1,894
11	55,7	34,8	1,601	34,8	20,9	1,665
12	54,6	32,5	1,680	32,5	22,1	1,471
13	55,8	35,6	1,567	35,6	20,2	1,762
14	61,6	39,6	1,556	39,6	22	1,800
15	63,9	41,5	1,540	41,5	22,4	1,853
16	59,1	36,8	1,606	36,8	22,3	1,650
17	61,6	39,9	1,544	39,9	21,7	1,839
18	66,5	44,3	1,501	44,3	22,2	1,995
19	56,1	32,3	1,737	32,3	23,8	1,357
20	60,8	37,6	1,617	37,6	23,2	1,621
21	61,3	38,8	1,580	38,8	22,5	1,724
22	56,4	37,5	1,504	37,5	18,9	1,984
23	59,1	38,5	1,535	38,5	20,6	1,869
24	59,4	37,6	1,580	37,6	21,8	1,725
25	59,4	36,9	1,610	36,9	22,5	1,640
26	59,6	34,5	1,728	34,5	25,1	1,375
27	55,4	35	1,583	35	20,4	1,716
28	58,6	33,7	1,739	33,7	24,9	1,353
29	59,5	36,6	1,626	36,6	22,9	1,598
30	59,4	37,4	1,588	37,4	22	1,700
$\bar{x}$			1,595			1,700
R			0,005			0,033
s			0,067			0,182
v			4,200			10,706
Rmin-Rmax			1,501-1,739			1,353-1,995

číslo probanda	C8	M8	C8/M8	M8	m8	M8/m8
1	11,2	6,5	1,723	6,5	4,7	1,383
2	14,2	8,4	1,690	8,4	5,8	1,448
3	12,1	7,2	1,681	7,2	4,9	1,469
4	11,5	7	1,643	7	4,5	1,556
5	9,6	6	1,600	6	3,6	1,667
6	12,8	7,6	1,684	7,6	5,2	1,462
7	9,4	5,7	1,649	5,7	3,7	1,541
8	13,3	7,9	1,684	7,9	5,4	1,463
9	11,1	6,6	1,682	6,6	4,5	1,467
10	14,7	8,3	1,771	8,3	6,4	1,297
11	10,3	5,8	1,776	5,8	4,5	1,289
12	9,7	5,4	1,796	5,4	4,3	1,256
13	11,9	7	1,700	7	4,9	1,429
14	12,3	7,4	1,662	7,4	4,9	1,510
15	9,4	5,9	1,593	5,9	3,5	1,686
16	8,7	5,6	1,554	5,6	3,1	1,806
17	15,2	8,6	1,767	8,6	6,6	1,303
18	13,8	8,6	1,605	8,6	5,2	1,654
19	10,2	6,1	1,672	6,1	4,1	1,488
20	12,5	7,2	1,736	7,2	5,3	1,358
21	9	6,4	1,406	6,4	2,6	2,462
22	6,4	3,5	1,829	3,5	2,9	1,207
23	10,6	6,6	1,606	6,6	4	1,650
24	9,2	5,1	1,804	5,1	4,1	1,244
25	8,5	5,2	1,635	5,2	3,3	1,576
26	8,4	5	1,680	5	3,4	1,471
27	9,8	5,9	1,661	5,9	3,9	1,513
28	9,5	6,1	1,557	6,1	3,4	1,794
29	8,7	5,7	1,526	5,7	3	1,900
30	8,7	6,1	1,426	6,1	2,6	2,346
$\bar{x}$			1,660			1,556
R			0,010			0,082
s			0,101			0,287
v			6,084			18,445
Rmin-Rmax			1,406-1,829			1,207-2,462

číslo probanda	C9	M9	C9/M9	M9	m9	M9/m9
1	71,2	41,1	1,732	41,1	30,1	1,365
2	78,4	44,1	1,778	44,1	34,3	1,286
3	69,3	40,9	1,694	40,9	28,4	1,440
4	69	37,7	1,830	37,7	31,3	1,204
5	69,7	38,6	1,806	38,6	31,1	1,241
6	73,5	39,5	1,861	39,5	34	1,162
7	74,3	42,3	1,757	42,3	32	1,322
8	69,1	37,8	1,828	37,8	31,3	1,208
9	74	41,9	1,766	41,9	32,1	1,305
10	79,1	45,8	1,727	45,8	33,3	1,375
11	74,3	42,4	1,752	42,4	31,9	1,329
12	69,5	40,6	1,712	40,6	28,9	1,405
13	74	43,1	1,717	43,1	30,9	1,395
14	73,4	40,9	1,795	40,9	32,5	1,258
15	75,1	45,8	1,640	45,8	29,3	1,563
16	70,1	39,5	1,775	39,5	30,6	1,291
17	68,3	36,7	1,861	36,7	31,6	1,161
18	70,3	41	1,715	41	29,3	1,399
19	69,5	40,8	1,703	40,8	28,7	1,422
20	70,9	40,2	1,764	40,2	30,7	1,309
21	71,6	40,2	1,781	40,2	31,4	1,280
22	69,3	39,6	1,750	39,6	29,7	1,333
23	71,5	40,4	1,770	40,4	31,1	1,299
24	72,1	43,4	1,661	43,4	28,7	1,512
25	73,5	42,8	1,717	42,8	30,7	1,394
26	73,7	42,4	1,738	42,4	31,3	1,355
27	70,6	41,5	1,701	41,5	29,1	1,426
28	72,2	40,4	1,787	40,4	31,8	1,270
29	74	41,6	1,779	41,6	32,4	1,284
30	77,8	46,3	1,680	46,3	31,5	1,470
$\bar{x}$			1,753			1,336
R			0,003			0,009
s			0,054			0,097
v			3,080			7,260
Rmin-Rmax			1,640-1,861			1,161-1,563

číslo probanda	C10	M10	C10/M10	M10	m10	M10/m10
1	41,1	24,5	1,678	24,5	16,6	1,476
2	44,1	25,5	1,729	25,5	18,6	1,371
3	40,9	25,4	1,610	25,4	15,5	1,639
4	37,7	22	1,714	22	15,7	1,401
5	38,6	22,2	1,739	22,2	16,4	1,354
6	39,5	22,5	1,756	22,5	17	1,324
7	42,3	24,6	1,720	24,6	17,7	1,390
8	37,8	21,9	1,726	21,9	15,9	1,377
9	41,9	24,1	1,739	24,1	17,8	1,354
10	45,8	25,8	1,775	25,8	20	1,290
11	42,4	24,9	1,703	24,9	17,5	1,423
12	40,6	24,4	1,664	24,4	16,2	1,506
13	43,1	23,2	1,858	23,2	19,9	1,166
14	40,9	22,8	1,794	22,8	18,1	1,260
15	45,8	25,2	1,817	25,2	20,6	1,223
16	39,5	21,9	1,804	21,9	17,6	1,244
17	36,7	20,6	1,782	20,6	16,1	1,280
18	41	23,1	1,775	23,1	17,9	1,291
19	40,8	23,8	1,714	23,8	17	1,400
20	40,2	22	1,827	22	18,2	1,209
21	40,2	23	1,748	23	17,2	1,337
22	39,6	23,5	1,685	23,5	16,1	1,460
23	40,4	23,7	1,705	23,7	16,7	1,419
24	43,4	24,5	1,771	24,5	18,9	1,296
25	42,8	23,7	1,806	23,7	19,1	1,241
26	42,4	22,6	1,876	22,6	19,8	1,141
27	41,5	22,4	1,853	22,4	19,1	1,173
28	40,4	23,1	1,749	23,1	17,3	1,335
29	41,6	22,6	1,841	22,6	19	1,189
30	46,3	25	1,852	25	21,3	1,174
$\bar{x}$			1,760			1,325
R			0,004			0,013
s			0,064			0,115
v			3,636			8,679
Rmin-Rmax			1,610-1,876			1,141-1,639



## Příloha 5 – Celkové porovnání poměrů u jednotlivých probandů

číslo probanda	C1/m1	M1/m1	C2/m2	M2/m2	C3/M3	M3/m3	C4/M4	M4/m4	C5/M5	M5/m5	C6/M6	M6/m6	C7/M7	M7/m7	C8/M8	M8/m8	C9/M9	M9/m9	C10/M10	M10/m10	$\bar{x}$	R	s	v	Rmin-Rmax
1	1,638	1,568	1,610	1,639	1,685	1,459	1,689	1,452	1,641	1,560	1,659	1,518	1,618	1,617	1,723	1,383	1,732	1,365	1,732	1,476	1,588	0,012	0,112	7,053	1,365-1,732
2	1,665	1,503	1,563	1,778	1,577	1,732	1,750	1,333	1,686	1,457	1,651	1,535	1,542	1,844	1,690	1,448	1,778	1,286	1,778	1,371	1,598	0,025	0,162	10,137	1,286-1,844
3	1,715	1,399	1,557	1,795	1,690	1,450	1,604	1,655	1,659	1,517	1,696	1,437	1,648	1,543	1,681	1,469	1,694	1,440	1,694	1,639	1,599	0,012	0,114	7,129	1,399-1,795
4	1,740	1,351	1,561	1,782	1,691	1,446	1,620	1,613	1,625	1,600	1,710	1,409	1,552	1,811	1,643	1,556	1,830	1,204	1,830	1,401	1,599	0,028	0,170	10,632	1,204-1,830
5	1,647	1,545	1,626	1,597	1,780	1,282	1,667	1,500	1,714	1,400	1,711	1,407	1,657	1,522	1,600	1,667	1,806	1,241	1,806	1,354	1,576	0,027	0,167	10,596	1,241-1,806
6	1,683	1,464	1,635	1,574	1,612	1,634	1,550	1,818	1,587	1,704	1,807	1,239	1,508	1,967	1,684	1,462	1,861	1,162	1,861	1,324	1,607	0,042	0,210	13,068	1,162-1,967
7	1,683	1,465	1,657	1,523	1,653	1,531	1,644	1,553	1,730	1,370	1,784	1,275	1,680	1,471	1,649	1,541	1,757	1,322	1,757	1,390	1,572	0,022	0,152	9,669	1,275-1,784
8	1,701	1,426	1,695	1,440	1,638	1,569	1,625	1,600	1,585	1,708	1,644	1,554	1,554	1,806	1,684	1,463	1,828	1,208	1,828	1,377	1,597	0,024	0,158	9,894	1,208-1,828
9	1,663	1,508	1,551	1,814	1,705	1,418	1,654	1,529	1,681	1,469	1,666	1,503	1,549	1,822	1,682	1,467	1,766	1,305	1,766	1,354	1,594	0,021	0,150	9,410	1,305-1,822
10	1,626	1,598	1,574	1,742	1,707	1,415	1,557	1,795	1,714	1,400	1,635	1,576	1,528	1,894	1,771	1,297	1,727	1,375	1,727	1,290	1,597	0,028	0,171	10,708	1,290-1,894
11	1,712	1,404	1,572	1,748	1,604	1,654	1,655	1,526	1,625	1,600	1,704	1,421	1,601	1,665	1,776	1,289	1,752	1,329	1,752	1,423	1,591	0,021	0,147	9,239	1,289-1,776
12	1,660	1,514	1,619	1,617	1,623	1,604	1,698	1,432	1,564	1,773	1,742	1,348	1,680	1,471	1,796	1,256	1,712	1,405	1,712	1,506	1,587	0,021	0,147	9,263	1,256-1,796
13	1,742	1,348	1,536	1,864	1,635	1,574	1,667	1,500	1,532	1,880	1,681	1,468	1,567	1,762	1,700	1,429	1,717	1,395	1,717	1,166	1,594	0,030	0,178	11,167	1,166-1,880
14	1,656	1,526	1,597	1,676	1,689	1,451	1,758	1,320	1,711	1,406	1,696	1,436	1,556	1,800	1,662	1,510	1,795	1,258	1,795	1,260	1,578	0,029	0,176	11,153	1,258-1,800
15	1,593	1,685	1,612	1,635	1,791	1,264	1,790	1,265	1,625	1,600	1,674	1,483	1,540	1,853	1,593	1,686	1,640	1,563	1,640	1,223	1,588	0,027	0,169	10,642	1,223-1,853
16	1,690	1,449	1,624	1,602	1,771	1,297	1,600	1,667	1,595	1,682	1,665	1,504	1,606	1,650	1,554	1,806	1,775	1,291	1,775	1,244	1,592	0,025	0,163	10,239	1,244-1,806
17	1,705	1,418	1,715	1,399	1,671	1,491	1,686	1,458	1,694	1,441	1,563	1,775	1,544	1,839	1,767	1,303	1,861	1,161	1,861	1,280	1,582	0,040	0,206	13,021	1,161-1,861
18	1,654	1,528	1,650	1,539	1,749	1,335	1,729	1,371	1,656	1,524	1,505	1,979	1,501	1,995	1,605	1,654	1,715	1,399	1,715	1,291	1,605	0,033	0,188	11,713	1,291-1,995
19	1,680	1,471	1,622	1,608	1,715	1,398	1,631	1,585	1,686	1,458	1,743	1,345	1,737	1,357	1,672	1,488	1,703	1,422	1,703	1,400	1,571	0,018	0,138	8,784	1,345-1,743
20	1,692	1,445	1,621	1,612	1,676	1,479	1,652	1,533	1,559	1,789	1,613	1,630	1,617	1,621	1,736	1,358	1,764	1,309	1,764	1,209	1,584	0,023	0,156	9,848	1,209-1,789
21	1,641	1,559	1,717	1,394	1,654	1,530	1,774	1,292	1,519	1,926	1,669	1,495	1,580	1,724	1,406	2,462	1,781	1,280	1,781	1,337	1,626	0,067	0,266	16,359	1,280-2,462
22	1,660	1,515	1,627	1,594	1,697	1,436	1,672	1,488	1,568	1,760	1,736	1,359	1,504	1,984	1,829	1,207	1,750	1,333	1,750	1,460	1,596	0,033	0,187	11,717	1,207-1,984
23	1,646	1,548	1,664	1,506	1,603	1,660	1,576	1,735	1,600	1,667	1,635	1,576	1,535	1,869	1,606	1,650	1,770	1,299	1,770	1,419	1,617	0,015	0,126	7,792	1,299-1,869
24	1,661	1,512	1,744	1,344	1,728	1,373	1,593	1,686	1,600	1,667	1,665	1,504	1,580	1,725	1,804	1,244	1,661	1,512	1,661	1,296	1,578	0,024	0,158	10,013	1,244-1,804
25	1,676	1,480	1,593	1,686	1,673	1,486	1,746	1,340	1,649	1,542	1,707	1,414	1,610	1,640	1,635	1,576	1,717	1,394	1,717	1,241	1,576	0,019	0,141	8,947	1,241-1,746
26	1,695	1,439	1,557	1,794	1,698	1,432	1,776	1,289	1,553	1,808	1,673	1,486	1,728	1,375	1,680	1,471	1,738	1,355	1,738	1,141	1,571	0,034	0,190	12,094	1,141-1,808
27	1,698	1,432	1,709	1,410	1,683	1,465	1,657	1,522	1,540	1,852	1,688	1,454	1,583	1,716	1,661	1,513	1,701	1,426	1,701	1,173	1,579	0,023	0,157	9,943	1,173-1,852
28	1,670	1,492	1,623	1,604	1,697	1,435	1,795	1,259	1,667	1,500	1,691	1,447	1,739	1,353	1,557	1,794	1,787	1,270	1,787	1,335	1,575	0,031	0,179	11,365	1,259-1,795
29	1,675	1,487	1,605	1,652	1,602	1,660	1,580	1,725	1,756	1,324	1,697	1,434	1,626	1,598	1,526	1,900	1,779	1,284	1,779	1,189	1,594	0,030	0,179	11,230	1,189-1,900
30	1,673	1,487	1,610	1,638	1,596	1,679	1,672	1,489	1,686	1,458	1,717	1,394	1,588	1,700	1,426	2,346	1,680	1,470	1,680	1,174	1,608	0,047	0,222	13,806	1,174-2,346

